



**FACULTAD DE CIENCIAS**

**GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

## **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**CREACIÓN DE MATERIAL DIVULGATIVO SOBRE EL  
PERMAFROST, SU ESTUDIO EN LA ANTÁRTIDA, Y SU PAPEL EN  
EL CALENTAMIENTO GLOBAL**

**Autor: Rubén Ramos Nieto**

**Tutor: Miguel Ángel de Pablo Hernández**

**2021**



## **RESUMEN**

La popularización de las redes sociales en los últimos años ha supuesto una gran oportunidad para la divulgación. En este contexto, *Twitter* es una herramienta que facilita el acceso de los usuarios al conocimiento científico dados sus características de inmediatez y repercusión.

El permafrost es uno de los elementos menos estudiados de los criosfera, a pesar de que cumple funciones ecosistémicas y climáticas clave. Por esta razón, y ante las dificultades de la ciencia para aproximarse a un público no especializado, surge la oportunidad y la necesidad de realizar divulgación científica sobre el permafrost, eligiéndose la herramienta *Twitter* para ello.

El análisis de las divulgaciones existentes en *Twitter* evidencia que el inglés es el principal idioma que publica sobre la temática del permafrost. Ante esta situación, se acentúa la necesidad de contextualizar la situación en la que se encuentra el permafrost en habla hispana. En este escenario, se propone la realización del “PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST” en la cuenta *Permafrost\_UAH*, administrada por el Dr. D. Miguel Ángel de Pablo Hernández, investigador responsable de la red PERMATHERMAL.

El curso que será gratuito tendrá una duración de 5 semanas y contará con 5 bloques de contenido: (1) Definiciones y conceptos, (2) La importancia del estudio, (3) Gestión y protocolos internacionales, (4) Métodos y (5) El estudio del permafrost en la Antártida. Los 94 tweets se publicarán de lunes a domingo y tras completar las pruebas de evaluación publicadas, se procederá a la entrega de un documento simbólico de finalización de estudios.

Palabras clave: permafrost, divulgación, curso online, Twitter.

## **ABSTRACT**

The popularization of social networks in recent years has provided a great opportunity for dissemination. In this context, *Twitter* is a tool that facilitates users' access to scientific knowledge given its immediacy and impact.

Permafrost is one of the least studied elements of the cryosphere, despite its key ecosystemic and climatic functions. For this reason and given the difficulties of science to approach a non-specialist audience, the opportunity and the need for scientific dissemination on permafrost arises, choosing Twitter as the tool to do so.

The analysis of existing dissemination on Twitter shows the great differences between Spanish and English. Due to this situation, the need to contextualize the situation of permafrost in Spanish-speaking countries is accentuated. In this context, the "FIRST INTRODUCTION COURSE TO PERMAFROST" is proposed in the account *Permafrost\_UAH*, managed by Dr. Miguel Ángel de Pablo Hernández, researcher in charge of the PERMATHERMAL network.

The course, which will be free of charge, will last 5 weeks and will include 5 blocks of content: (1) Definitions and concepts, (2) The importance of the study, (3) Management and international protocols, (4) Methods and (5) The study of permafrost in Antarctica. All 94 tweets will be published from Monday to Sunday and after completing the evaluation tests published, a symbolic document of completion of studies will be awarded.

Keywords: permafrost, dissemination, online course, Twitter



# **Contenido**

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANÁLISIS DE LAS DIVULGACIONES EXISTENTES .....	5
2.1. Revisión en <i>Twitter</i> y resultados .....	5
2.2. Cuenta <i>Permafrost_UAH</i> .....	7
2.3. Cuenta <i>MarGomezH</i> .....	8
2.4. Cuenta <i>Secretodruidas</i> .....	9
2.5. Cuenta <i>GNewshub</i> .....	10
2.6. Cuenta <i>Queenofpeat</i> .....	10
2.7. Cuenta <i>Polar_Kaya</i> .....	11
2.8. Cuenta <i>PYRN_oficial</i> .....	12
2.9. Cuenta <i>ipapermafrost</i> .....	12
3. PROPUESTA DE DIVULGACIÓN .....	13
3.1. Propuesta .....	13
3.2. Población objetivo.....	14
3.3. Estructura y contenidos .....	15
3.4. Formato y estilo .....	16
3.5. Pruebas de evaluación.....	20
4. DISCUSIÓN .....	22
5. CONCLUSIONES .....	24
REFERENCIAS.....	25
ANEXOS.....	37
Anexo I. Secciones de la cuenta <i>Permafrost_UAH</i> .....	38
Anexo II. secciones de la cuenta <i>MarGomezH</i> .....	72
Anexo III. Detalle de la iniciativa de divulgación de <i>Secretodruidas</i> .....	78
Anexo IV. Secciones de la cuenta <i>Queenofpeat</i> .....	81
Anexo V. Secciones de la cuenta <i>PYRN_oficial</i> .....	90
Anexo VI. El permafrost .....	96
Anexo VII. Curso online en <i>twitter</i> : “PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST” .....	120
Anexo VIII. Pruebas de evaluación .....	142



## **1. INTRODUCCIÓN**

El estado de la Tierra aún es reconocible estructural y funcionalmente, pero las presiones humanas generan cambios bruscos en el estado de los ecosistemas, ocasionando la pérdida de su estructura y función (Lenton et al. 2008). El cambio climático, y por ende el calentamiento global, es un hecho inequívoco, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios (IPCC, 2014). La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado (Schoene et al., 2009; IPCC, 2014). La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, siendo en la actualidad las más altas de la historia (IPCC, 2014). En todos los escenarios de emisiones evaluados, las proyecciones señalan que la temperatura en superficie continuará aumentando a lo largo del siglo XXI (IPCC, 2014). En este contexto, el calentamiento global es una preocupación a nivel mundial y sus efectos pueden vislumbrarse en los sistemas naturales, incluido la criosfera, sistema que comprende principalmente las fracciones de agua congelada como la nieve, el hielo marino, los glaciares y el permafrost (IPCC, 2014).

La preocupación por el cambio climático por parte de la comunidad científica es clara desde la fundación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático en 1988 y la redacción de su Primer Informe de Evaluación (FAR) en 1990, evidenciando la necesidad de una coordinación y cooperación internacional en este tema (IPCC, 2020). Posteriormente, en 1992 queda aprobado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) con el propósito de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) a través del Protocolo de Kioto (IPCC, 2020; MITECO, 2020; UNCC, 2020).

En las últimas décadas, esta preocupación ha ido más allá del interés científico, representado por una creciente inquietud social que puede verse reflejada en un incremento de las publicaciones de noticias periodísticas de todos los medios de comunicación, en los que se pone de manifiesto las afecciones que el

calentamiento global está causando en la criosfera y en los ecosistemas asociados: sequías y aumento del nivel del mar ([ABC, 2019a](#); [El País, 2019](#); [National Geographic, 2019a](#); [National Geographic, 2019b](#); [El País, 2020a](#); [El País 2020b](#); [El País 2020c](#); [El País 2021a](#); [El País 2021b](#); [El País 2021c](#)); incremento en la emisión de gases de efecto invernadero ([BBC, 2016](#); [National Geographic, 2016a](#); [ABC, 2020a](#); [National Geographic, 2021a](#)), incluidos el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> por la descomposición de la biomasa que se encontraba inalterada en el permafrost ([ABC 2015](#), [2017](#), [2018a](#), [2019b](#); [National Geographic, 2019c](#)); derretimiento de los polos ([BBC, 2020a](#); [El País, 2020d](#); [National Geographic, 2021b](#)); exposición de restos arqueológicos y paleontológicos preservados en el permafrost tras su degradación (restos de mamuts, rinocerontes, lobos, caballos, y roedores prehistóricos) ([National Geographic, 2016b](#); [ABC, 2018b](#); [ABC, 2019c](#); [National Geographic, 2019d](#); [Última Hora, 2020](#)) y búsqueda y aparición de virus y bacterias desconocidos en ellos ([ABC, 2020b](#); [La Vanguardia, 2021](#); [Mundo Deportivo, 2021](#); [National Geographic, 2021c](#)); explosiones de metano en suelos con permafrost generadores de inmensos cráteres ([National Geographic, 2020](#); [Diario AS; RTVE, 2021a](#); [RTVE, 2021b](#)); riesgos asociados a inestabilidades del terreno, deslizamientos y destrucción de infraestructuras ([National Geographic, 2017](#); [Burgos Conecta, 2018](#); [El País, 2020e](#)). Estos problemas tienen una mayor visibilidad ante una sociedad más sensibilizada y analítica en esta situación global crítica: se está acelerando la degradación del permafrost.

El permafrost queda definido como el suelo que permanece congelado (esto es por debajo de los 0°C) durante al menos dos años consecutivos (ej., van Everdingen, 1998; Schuur et al., 2008, Dobinski, 2011). Representa el 22,36 % de la superficie terrestre y ocupa una extensión aproximada de 22 millones de km<sup>2</sup> (Schuur et al., 2008; Vieira et al., 2010; Ramos et al., 2012; Bockheim et al., 2013), estando principalmente distribuido en el norte de América y Asia (NRC, 1981), con una escasa representación en las regiones libres de hielo de la Antártida (50.000 km<sup>2</sup>) (Vieira et al., 2010; Ramos et al., 2012).

El permafrost cumple funciones ecosistémicas de estabilización de temperaturas, regulación de flujos de gases y nutrientes (Osterkamp y Burn,

2014; van Huissteden, 2020; Voight et., 2020) e influye y altera los ciclos biogeoquímicos (Yang et al., 2010; Harms y Jones, 2012; Vonk et al., 2012), incluido el del carbono, contribuyendo a su vez al calentamiento global (Davidson y Janssens, 2006; Schuur et al., 2008; González-Eugino y Neumann, 2016; Oliva et al., 2017; Hrbáček et al., 2020). A su vez, favorece la permanencia y conservación de recursos naturales prehistóricos, así como de formas de vida antiguas (Hebsgaard y Willerslev, 2009; Steven et al., 2009), controla la interacción entre los ecosistemas lacustres y terrestres (Oliva et al., 2017), y representa un recurso de gran interés para la investigación de condiciones extremas de aplicabilidad en estudios de Marte (Gilichinsky, 2002; Demidov y Gilichinsky, 2009; Ramos et al., 2012; de Pablo, 2015). Por último, su degradación puede tener un impacto directo sobre las infraestructuras humanas (Yang et al., 2010; Ma et al., 2011; Duvillard et al., 2015; Keuschnig et al., 2015; Shan et al., 2015), lo que conduce a un aumento de los costes de desarrollo y mantenimiento de las mismas, afectando las condiciones de vida de las comunidades locales (Melvin et al., 2017; Hjort et al., 2018).

La principal dificultad a la que se enfrenta la ciencia actualmente radica en la amplitud, diversidad y especialidad de sus temas. Generalmente, las publicaciones y otros medios encargados de la difusión científica son incomprensibles para un público no especializado, lo que hace que sea casi imposible saber lo que sucede en el mundo de la ciencia (Estrada, 1981; Hernando, 2003; Ramírez et al., 2012). Ante esta creciente preocupación social sobre el cambio climático y debido al importante papel que juega el permafrost en el ecosistema y las consecuencias que llevan a cabo su deterioro, y ante la dificultad de la ciencia en aproximarse al gran público, la solución recae sobre una correcta y amplia divulgación científica (Estrada, 1981; Ramírez et al., 2012). La divulgación científica consiste en estudiar y poner en práctica los medios necesarios para presentar la ciencia universal a la altura de los conocimientos humanos a fin de distribuir la riqueza cultural (Estrada, 1981; Hernando, 2003). Asimismo, comprende toda la actividad de explicación y difusión de los conocimientos de la cultura y del pensamiento científico y técnico, con dos condiciones: la explicación y la divulgación se hagan fuera de la enseñanza académica y que no tengan por objetivo formar especialistas (Hernando, 2003).

En este contexto, las redes sociales han sido la última incorporación al mundo de Internet y han supuesto una revolución que han hecho que se popularicen en tiempo récord (Seguí Simarro et al., 2015). Por esta razón, las redes sociales han de ser concebidas como una gran oportunidad para la divulgación, y un alejamiento de ellas supondrá un aislamiento científico, lo que repercutirá negativamente en el conocimiento y en el papel de los divulgadores. En particular, *Twitter* es una red de *microblogging* en el que se pueden escribir textos de un máximo de 280 caracteres, incluyendo enlaces a páginas web, vídeos o fotos (Seguí Simarro et al., 2015). Una de las principales ventajas que ofrece esta red social es la inmediatez, pudiendo llegar información a todos los rincones del mundo en cuestión de segundos. Otra ventaja de *Twitter* y relacionada con la anterior es que el alcance del mensaje puede ser muy elevado, en donde el impacto y la difusión que se busca con la divulgación pueda llegar en último extremo a todo el planeta (Seguí Simarro et al., 2015).

El **objetivo** de este trabajo es la transmisión de los conceptos y la importancia del estudio del permafrost, especialmente en la Antártida y su papel en el calentamiento global, mediante el empleo de los canales y recursos adecuados para su comprensión y asimilación, es decir, su divulgación.

Desde el punto de vista de la **metodología**, la herramienta empleada para la divulgación del tema será la red social *Twitter*, utilizando para ello la cuenta *Permafrost\_UAH* administrada por el Dr. D. Miguel Ángel de Pablo Hernández, investigador responsable de la red PERMATHERMAL, una red de estaciones de control térmico de la capa activa y del permafrost en las islas Shetland del Sur, Antártida. En el presente trabajo se realizará un análisis y revisión de las principales estrategias de divulgación sobre la temática del permafrost en la red social *Twitter*, a fin de elaborar una propuesta de divulgación propia que ofrezca nuevas oportunidades de conocimiento sobre el permafrost (ANEXOS I, II, III, IV y V). Para ello, se realizará previamente una labor de síntesis sobre este tema (ANEXO VI) que servirá de base para poder contextualizar la situación en la que se encuentra el permafrost y que se utilizará como soporte para la elaboración de la propuesta de divulgación.

## 2. ANÁLISIS DE LAS DIVULGACIONES EXISTENTES

### 2.1. Revisión en *Twitter* y resultados

A fin de la elaboración de una propuesta de divulgación propia y aportar nuevos conocimientos sobre la temática, es necesario la revisión, el análisis y la evaluación de los contenidos y estrategias de divulgación ya publicados en la red social de *Twitter*. Para ello, se utilizará la herramienta de búsqueda avanzada que ofrece esta plataforma con el objetivo de conocer cuáles son las principales cuentas creadoras de contenido sobre permafrost. Los parámetros de búsqueda empleados han sido “*palabras*” e “*idiomas*”, restringiendo la búsqueda desde el 01/05/2020 al 01/05/2021.

El análisis evidencia las grandes diferencias con respecto a las publicaciones realizadas en castellano y en inglés. El número total de publicaciones realizadas en el periodo seleccionado en castellano es de 2.809, frente a las 13.561 publicadas en habla inglesa. Por otro lado, en ninguno de los meses seleccionados, las publicaciones en castellano superan a las publicaciones realizadas en habla inglesa (Figura 1). En última instancia y prestando atención a las cuentas (Figuras 2 y 3), el número de publicaciones realizadas por *Gnewshub* ([Climate Change World Media Newshub 24/7 \(@GNewshub\) / Twitter](#)) es significativamente superior a la principal cuenta publicadora en castellano, *Permafrost\_UAH* ([Antártida UAH \(@Permafrost\\_UAH\) / Twitter](#)); 121 publicaciones frente a 86, respectivamente. En definitiva, se pone de manifiesto la dominancia del inglés con respecto a la temática del permafrost, lo cual supone un factor relevante a la hora de la elección del idioma en la que se realizará la propuesta de divulgación.

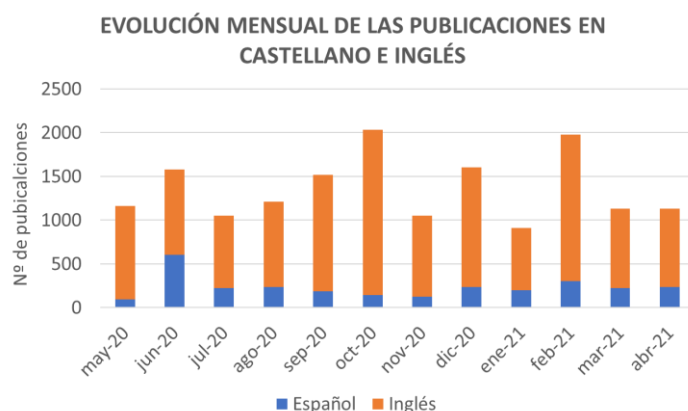


Figura 1. Evolución mensual de las publicaciones en castellano y en inglés desde el 01/05/2020 al 01/05/2021

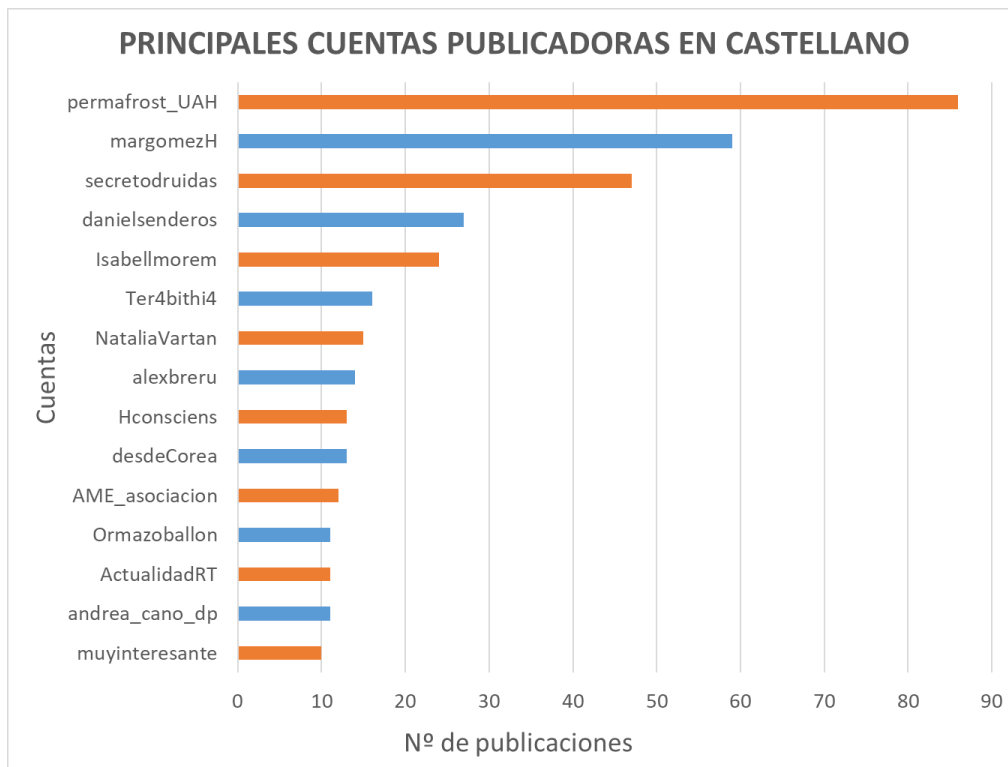


Figura 2. Principales cuentas creadoras de contenido sobre permafrost en castellano desde el 01/05/2020 al 01/05/2021



Figura 3. Principales cuentas creadoras de contenido sobre permafrost en inglés desde el 01/05/2020 al 01/05/2021



## **2.2. Cuenta *Permafrost\_UAH***

En castellano, la principal cuenta que presenta iniciativas de divulgación sobre permafrost es la cuenta *Permafrost\_UAH*. Esta fue creada en diciembre de 2016 con el objetivo principal de divulgar las campañas Antárticas, tratando de transmitir qué es el permafrost, cómo se estudia, su importancia a escala local, regional y global y cómo es su relación con el clima. Asimismo, trata de establecer una interacción y dar mayor visibilidad a las principales organizaciones al respecto con el fin de darlas a conocer. Es una cuenta administrada por el investigador Dr. D. Miguel Ángel de Pablo del grupo de investigación Agua, Clima y Medio Ambiente de la UAH, para la divulgación de la investigación de los suelos congelados en la Antártida. Esta línea de investigación lleva activa desde 2005 dentro de la encomienda PERMATHERMAL, financiados por el Programa Estatal de Investigación y el Comité Polar Español. En 2020 la cuenta obtuvo el Premio a la Promoción y la Divulgación Científica. Actualmente tiene un total de 1.584 seguidores. A continuación, se presenta una clasificación de las diferentes secciones de la cuenta: (1) Campañas antárticas, (2) Bases y campamentos, (3) Propuestas de divulgación ante la pandemia, (4) Recomendaciones de trabajos, artículos y otras publicaciones, (5) ¿Sabías que...? y (6) Investigando la Antártida (ANEXO I).

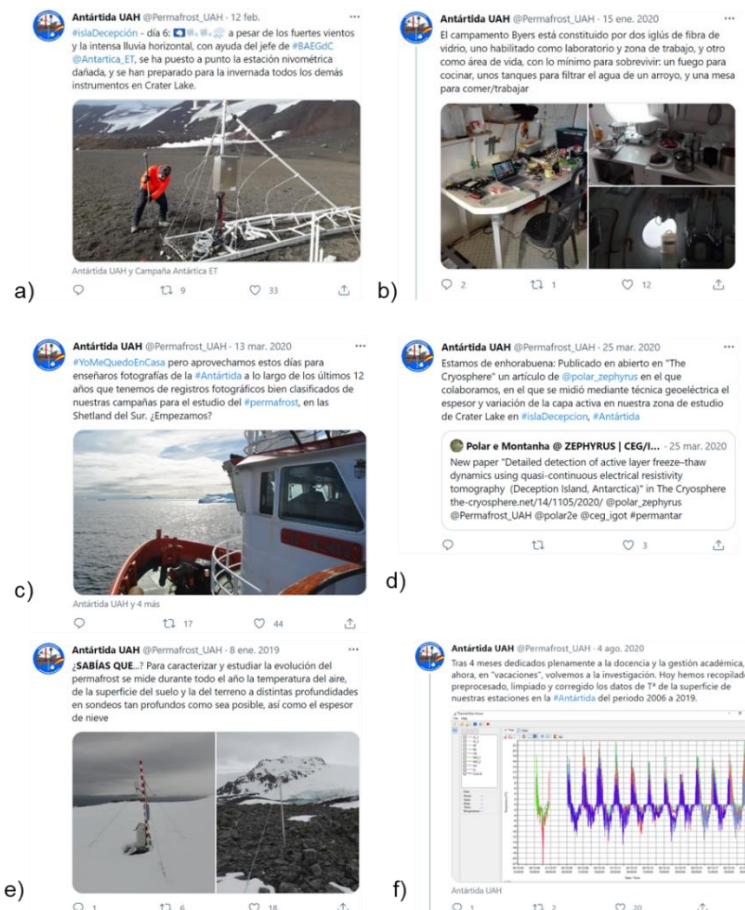


Figura 4. Ejemplos de los Tweets de las diferentes secciones de la cuenta Permafrost\_UAH: a) Campañas antárticas, b) Bases y campamentos, c) Propuestas de divulgación ante la pandemia, d) Recomendaciones de trabajos, artículos y otras publicaciones y e) ¿Sabías que...? y f) Investigando la Antártida

### 2.3. Cuenta MarGomezH

La cuenta *MarGomezH* ([Mar Gómez \(@MarGomezH\)](https://twitter.com/MarGomezH) / [Twitter](https://twitter.com/MarGomezH)) es gestionada por Mar Gómez, licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, completando sus estudios con un máster en meteorología y geofísica y el Doctorado en la especialidad de climatología del Mediterráneo (Mar Gómez, 2021). Desde el año 2014 trabaja como meteoróloga principal en la web de información meteorológica El tiempo.es (<https://www.eltiempo.es/>), siendo la responsable del departamento meteorológico. A su vez, colabora activamente en programas de radio como Europa FM, Onda Cero, Cadena Cope, Cadena Ser o RNE (Mar Gómez, 2021). Actualmente, con 230.130 seguidores en *Twitter*, esta cuenta presenta varios hilos interesantes centrados en el descubrimiento de restos fósiles en el permafrost. Por otro lado, describe la funcionalidad del laboratorio biotecnológico ruso Vektor en Siberia. La particularidad de estos hilos

recae en la detallada descripción que realiza sobre los elementos y las características del permafrost (ANEXO II). Además, participa activamente en la plataforma de *Twicth* en los que habla sobre los secretos y los riesgos del permafrost. Estas charlas las promociona activamente a través de *Twitter*.



Figura 5. Ejemplos de los tweets de las diferentes secciones de MarGomezH: a) Descubrimiento de restos fósiles en el permafrost, b) El laboratorio ruso Vektor y c) Promoción de su cuenta de Twicth

## 2.4. Cuenta Secretodruidas

La cuenta *Secretodruidas* ([El secreto de los druidas 🧛 \(@SecretoDruidas\) / Twitter](https://twitter.com/SecretoDruidas)) es administrada por África Castañeda Melgarejo, perito judicial en Arqueología. En la última década busca acercar mediante la divulgación histórica la cultura celta y la historia en todas sus variantes (El Secreto de los Druidas, 2021). Sus publicaciones en *Twitter* se centran en la creación de hilos sobre el descubrimiento de restos fósiles en el permafrost (ANEXO III). Actualmente cuenta con 43.643 seguidores.



Figura 6. Ejemplos de los tweets realizados por Secretodruidas

## 2.5. Cuenta GNewshub

Con un total de 121 publicaciones durante el periodo de búsqueda seleccionado, *GNewshub* es la principal cuenta creadora de contenido sobre permafrost en habla inglesa. Esta cuenta busca convertirse en un centro de referencia sobre las noticias relacionadas con el cambio climático. En este contexto, sus publicaciones sobre permafrost quedan limitadas a la recomendación de artículos, trabajos, noticias y otras publicaciones.



Figura 7. Ejemplos de los tweets realizados por GNewshub

## 2.6. Cuenta Queenofpeat

Con 8.976 seguidores, *Queenofpeat* ([Dr. Merritt Turetsky \(@queenofpeat\) / Twitter](https://twitter.com/queenofpeat)) es administrada por Merritt Turetsky, doctora en ecología y biología y directora del Instituto de Investigación Ártica y Alpina (INSTAAR). La Dr. Turetsky ha liderado la Red de Carbono del Permafrost, la campaña ABoVe de la NASA, y recientemente, la Red Canadiense de Permafrost. Actualmente forma parte de la Junta de Investigación Polar de las Academias Nacionales (Laboratorio de Turetsky, 2021). A través de su investigación y docencia, pretende preparar a la próxima generación de científicos en habilidades relacionadas con seguridad alimentaria y agua, sostenibilidad energética, emisiones de carbono y gases de efecto invernadero (Laboratorio de Turetsky, 2021). A continuación, se presenta una clasificación de las diferentes secciones de la cuenta de *Twitter*: (1) Implicaciones de la degradación del permafrost, (2) Elementos del permafrost, (3) Estudiando el permafrost y (4) Recomendaciones de trabajos, artículos y otras publicaciones (ANEXO IV).



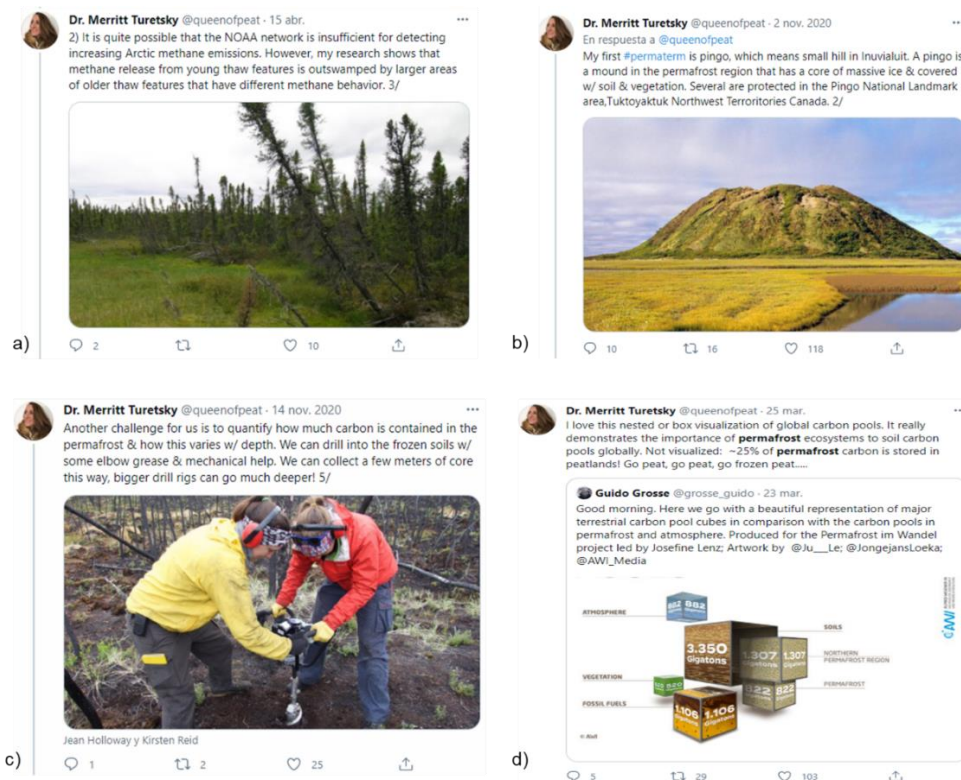


Figura 8. Ejemplos de los Tweets de las diferentes secciones de la cuenta queenofpeat: a) Implicaciones de la degradación del permafrost, b) Elementos del permafrost, c) Estudiando el permafrost y d) Recomendaciones de trabajos, artículos y otras publicaciones.

## 2.7. Cuenta Polar\_Katya

Ekaterina Uryupova es una miembro afiliada al Instituto Ártico y al consejo Permafrost Young Research Network (PYRN) (The Arctic Institute, 2020). Con un doctorado en Ciencias Ambientales, gestiona la cuenta *Polar\_Katya* ([Ekaterina Uryupova \(@Polar\\_Katya\) / Twitter](#)), con un total de 2.850 seguidores. Sus publicaciones en relación con el permafrost en esta herramienta se centran en la recomendación trabajos, artículos y otras publicaciones.

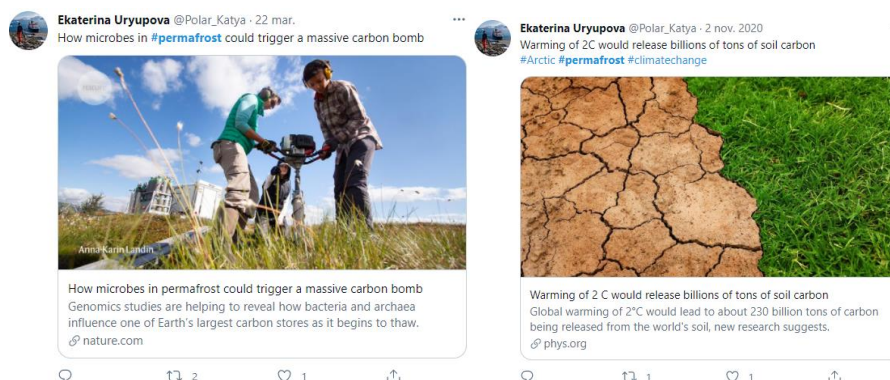


Figura 9. Ejemplos de los tweets realizados por Polar\_Katya

## 2.8. Cuenta *PYRN\_official*

Por último, se destaca la cuenta *PYRN\_official* ([Permafrost Young Researchers Network \(@PYRN\\_official\) / Twitter](#)) con un total de 1.116 seguidores. PYRN es una organización internacional establecida bajo el patrocinio de la IPA que fomenta la colaboración innovadora y busca atraer a las futuras generaciones de investigadores del permafrost (PYRN, 2020). Fue creada durante el 4º Año Polar Internacional (API) y fundada oficialmente en noviembre de 2005. PYRN introduce a sus miembros en el conocimiento sobre los desafíos relacionados con el permafrost en un clima cambiante (PYRN, 2020). Una de las iniciativas consiste en dar a conocer el permafrost publicando un nuevo término cada semana por orden alfabético. Otra de las publicaciones de interés sobre la temática es la realización de un campeonato sobre rasgos periglaciares y permafrost: cada dos días se publica un nuevo enfrentamiento entre dos términos de los ambientes periglaciares con la correspondiente encuesta en la que saldrá un vencedor. Por último, desde abril de 2018 hasta el 4 de agosto de 2020, han ido publicado un paper interesante al día sobre el permafrost bajo el hashtag *#APermafrostPaperDay* (ANEXO V).

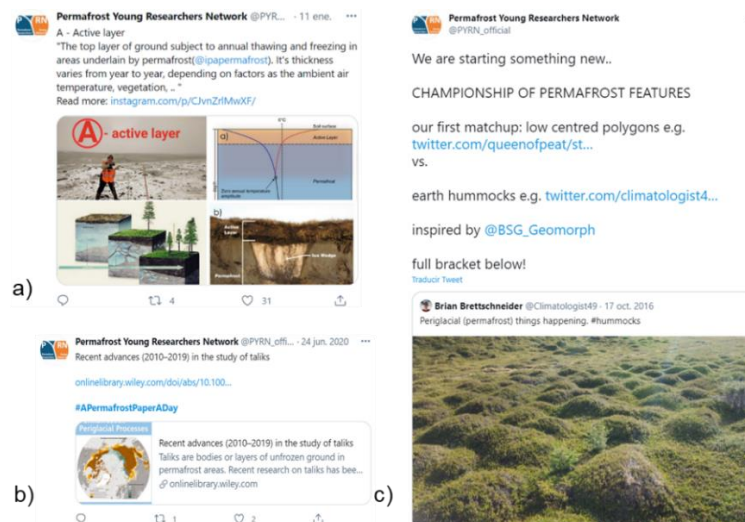


Figura 10. Ejemplos de las iniciativas de divulgación de PYRN: a) Nuevo término semanal por orden alfabético, b) recomendaciones de papers y c) campeonato sobre rasgos periglaciares y permafrost.

## 2.9. Cuenta *ipapermafrost*

Como particularidad, cabe destacar que el principal organismo encargado de fomentar la difusión de conocimientos y promoción de la cooperación entre personas y organizaciones dedicadas a la investigación del permafrost, como es

la Asociación Internacional de Permafrost (IPA) (International Permafrost Association, 2018) no hace divulgación sobre el permafrost en *Twitter* a pesar de contar con cuenta propia (*ipapermafrost*, [International Permafrost Association \(@ipapermafrost\) / Twitter](https://twitter.com/ipapermafrost)) y 1.383 seguidores.

### **3. PROPUESTA DE DIVULGACIÓN**

#### **3.1. Propuesta**

Para la comprensión del permafrost, su estudio en la Antártida y su papel en el calentamiento global, y tras el análisis de los diferentes canales de divulgación sobre el permafrost en castellano y en inglés en la plataforma de *Twitter*, se evidencia la necesidad de establecer nuevas posibilidades de divulgación en habla hispana. Por ello, se realizará previamente una labor de síntesis sobre este tema (ANEXO VI) que servirá de base para poder contextualizar la situación en la que se encuentra el permafrost y que se utilizará como soporte para la elaboración de la propuesta de divulgación. En este escenario, se propone la realización de un curso online gratuito mediante esta red social a través de la cuenta *Permafrost\_UAH*. El curso contará con 5 módulos de contenido: (1) Definiciones y conceptos, (2) La importancia del estudio, (3) Gestión y protocolos internacionales, (4) Métodos y (5) El permafrost en la Antártida.

El curso online tendrá una duración de 5 semanas. Cada semana quedará dedicada a un módulo de contenido y se realizará la publicación de un *tweet* o *hilo de Twitter* por día. Al finalizar cada semana y bloque de contenido, se procederá a la realización de una prueba de evaluación con el objetivo de afianzar los conocimientos expuestos y comprobar el feedback con los usuarios. Al finalizar los cinco módulos, y una vez realizadas las pruebas de evaluación, se otorgará un documento simbólico de finalización de estudios. Para ello, se han de cumplir los siguientes requisitos:

- Interactuar con las publicaciones realizadas mediante un “*me gusta*”. De esta manera, además de llevar un cabo un seguimiento de las personas que están realizando el curso, se consigue una mayor repercusión.

- Realización de las 5 pruebas de evaluación publicadas al finalizar cada bloque de contenido.

Para el seguimiento de las personas que den “*me gusta*” a los contenidos publicados, se utilizará la aplicación *Twlets* ([Twlets | Twitter to Excel](#)). *Twlets* es una extensión de Google Chrome que permite obtener, entre otras opciones, información sobre las personas que interactúan con tu cuenta de *Twitter* (Twlets, 2020). Esta aplicación permite descargar los datos de conteo de los usuarios que dan “me gusta” en una hoja de cálculo de Excel que se puede utilizar para su análisis o visualización (Global Investigate Journalism Network, 2018).

Por último, *TweetDeck* ([TweetDeck \(twitter.com\)](#)) es una aplicación de Adobe AIR que permite la programación de los tweets para que aparezcan publicados en un fecha y hora determinadas (TweetDeck, 2008). Con esta herramienta y atendiendo a los periodos de mayor actividad en la red social, comprendidos entre las 12:00-13:00h (Metricool, 2017), el curso online gratuito quedará programado dos días antes de su comienzo para la publicación de los tweets de lunes a domingo a las 12:30h durante las 5 semanas de duración.

### **3.2. Población objetivo**

Una parte fundamental para el diseño del curso es el público al que será dirigido. Al ser un curso gratuito y basarse en la plataforma de *Twitter*, millones de usuarios tendrán acceso a las publicaciones que se realizarán, contándose al menos una potencial audiencia de unas 1600 personas, que son aproximadamente los actuales seguidores de la cuenta y que verán los contenidos en su hilo temporal. Por esta razón y atendiendo al nivel de los receptores para llevar a cabo una gradación tanto en la exposición y en los razonamientos, como en el lenguaje del discurso, no se hará una restricción con respecto a las variables demográficas. De esta manera, no habrá una especificación con respecto al nivel de estudios, siendo necesario establecer un lenguaje sencillo para conseguir el objetivo de la divulgación y recalcar sobre un mayor público. Dentro del ámbito geográfico, buscaremos recalcar en países hispanohablantes, dadas las escasas opciones de divulgación sobre el permafrost en castellano en comparación con el habla inglesa. Por último, la edad mínima requerida para descargarse la aplicación sin consentimiento de



tutor legal es de 13 años (Seguí Simarro et al., 2015) y se considera que las personas por encima de los 65 años no se encuentran especialmente familiarizadas con la plataforma y hacerles llegar la información puede resultar complejo. De esta manera, se restringe el público dirigido a una edad entre los 13-65 años.

### 3.3. Estructura y contenidos

El curso online gratuito en la plataforma de *Twitter* se titulará “PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST” bajo el hashtag “#1CIP” (ANEXO VII). Su estructura quedará definida en 5 semanas de trabajo bajo los títulos descritos con anterioridad. Antes del comienzo del curso, se publicará un hilo introductorio en el que se detallarán los títulos de los bloques de contenido, su duración y las condiciones de participación.

*Tabla 1. Ejemplos del hilo introductorio al PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST*

<p>¿Sabes qué es el permafrost? ¿Has oído hablar de él? Si estás interesado en el tema o quieres aprender algo nuevo, te proponemos participar en el 1ER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST #1CIP y ... ¡GRATIS!</p> <p>El curso incluye 4 bloques de contenido básico sobre el permafrost, su estudio en la Antártida y su papel en el calentamiento global:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definiciones y conceptos</li> <li>2. La importancia del estudio</li> <li>3. Gestión y protocolos internacionales</li> <li>4. Métodos</li> <li>5. El permafrost en la Antártida</li> </ol> <p>Al acabar el curso se otorgará un documento simbólico de finalización de estudios. Para obtenerlo solo tienes que seguir estos sencillos pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leer los tweets que empiecen por #1CIP y dejar un like tras su lectura y comprensión.</li> <li>• Realización de 5 sencillos test (uno para bloque de contenido) para comprobar que estás aprendiendo con el curso.</li> </ul> <p>Si te surge alguna duda sobre lo que se explica, no dudes en dejar un comentario y preguntar. Nosotros u otros usuarios, estaremos encantados de responder y ... ¡así aprendemos todos!</p>
---

Entrando en detalle, cada bloque de contenido irá precedido de un *tweet* de introducción sobre el tema del que tratará la semana, en el que se incluirá su abreviatura correspondiente. Por ejemplo, el bloque de definiciones y conceptos quedará abreviado en “(DyC)”. Con una duración de una semana por cada bloque de contenido, los *tweets* se publicarán de lunes a sábado, dejando el domingo como día en el que se incluirá la prueba de evaluación y una encuesta para que los participantes puedan interactuar con la cuenta *Permafrost\_UAH*.

Tabla 2. Ejemplos de los tweets de introducción a los bloques de contenido

#1CIP En esta primera semana de curso, comenzaremos con el bloque de Definiciones y conceptos (DyC). Trataremos de poner en contexto los elementos más importantes del permafrost, así como la distribución del mismo... ¡VAMOS ALLÁ!
#1CIP ¡ENTRAMOS EN EL ECUADOR DEL CURSO! Os veo animados y con ganas de seguir aprendiendo, ¡ESO ES! Esta semana hablaremos sobre la gestión y los protocolos internacionales del permafrost (GyP), tratando los principales organismos e instituciones que regulan el estudio del permafrost.
#1CIP ¡ÚLTIMA SEMANA! Os veo animados y con ganas de seguir aprendiendo, ¡NO QUEDA NADA! Esta semana trataremos el tema del permafrost en la Antártida (PERANT), centrándonos en cuáles han sido hasta el momento los principales lugares de estudio ¡VAMOS ALLÁ!

Tabla 3. Ejemplos de los tweets del final de cada bloque temático

#1CIP ¿Qué os ha parecido esta primera semana de contenido? Os dejamos una pequeña encuesta, además del link para el PRIMER TEST del curso. No se os olvide hacer estas pruebas para la obtención del preciado documento simbólico. ¡MUCHO ÁNIMO!
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Me gusta el contenido.</li> <li>b) Esperaba más</li> <li>c) Aburrido</li> </ul>
#1CIP ¡Otra semana más ACABADA! Nos encantaría que nos dejaras tu opinión acerca del contenido de esta semana. Al igual que en el bloque anterior, os dejamos el link para poder realizar el test y que podáis obtener el CERTIFICADO. ¡MUCHO ÁNIMO!
#1CIP También, os dejamos una nueva encuesta en la que os animamos a participar y a dejar en comentarios las posibles dudas que os hayan surgido. ¡MUCHAS GRACIAS!
¿Qué os ha interesado más de esta semana en relación con el permafrost?
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Infraestructuras</li> <li>b) Cambio climático</li> <li>c) Ecosistemas acuáticos</li> <li>d) Virus</li> <li>e) Marte</li> </ul>
#1CIP ¡OTRA SEMANA MÁS! Esperamos que se os esté pasando igual de rápido que a nosotros. Como siempre, os dejamos el link para la prueba de evaluación y una pequeña encuesta. ¡VAMOS ALLÁ!
¿Antes de esta semana, sabías de la existencia de alguna de estas organizaciones?
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Si</li> <li>b) No</li> <li>c) Me sonaban</li> </ul>

### 3.4. Formato y estilo

Centrándose en el contenido del curso, se ha optado por un lenguaje formal, pero apto para todos los públicos debido a la ausencia de tecnicismos no explicados y al empleo de tiempos verbales en indicativo, ya que no se busca la respuesta de un experto sino la enseñanza a una audiencia no especializada; también hay carencia de latinismos y arcaísmos que puedan dificultar la comprensión. Además, la construcción de oraciones simples ha facilitado la transmisión del mensaje haciéndola directa y entendible a cualquier usuario, así como la omisión de palabras utilizadas por determinados grupos como, por ejemplo, el argot o determinadas jergas.

En la mayor parte de los casos, se ha recurrido al empleo de *hilos de Twitter* para la transmisión de conceptos, ya que en un solo *tweet* y teniendo en cuanto la restricción de caracteres de esta red social, se considera espacio insuficiente para que el objetivo de la divulgación se cumpla. De forma general, se han realizados hilos de 3 *tweets*, aunque en algunos casos se han llegado a los 4 y en uno a los 5. Asimismo, se ha recurrido de forma habitual al empleo de imágenes que ilustren el contenido expuesto en el *tweet*. Algunas de estas imágenes son de libre distribución, otras de elaboración propia y en otros casos, de artículos y noticias contrastadas científicamente. En este último caso, en las publicaciones se indica la fuente de la que se ha obtenido, a fin de que los usuarios, en un afán de curiosidad, pueden contrastar la información desarrollada.

Tabla 4. Ejemplos del contenido semanal del PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST

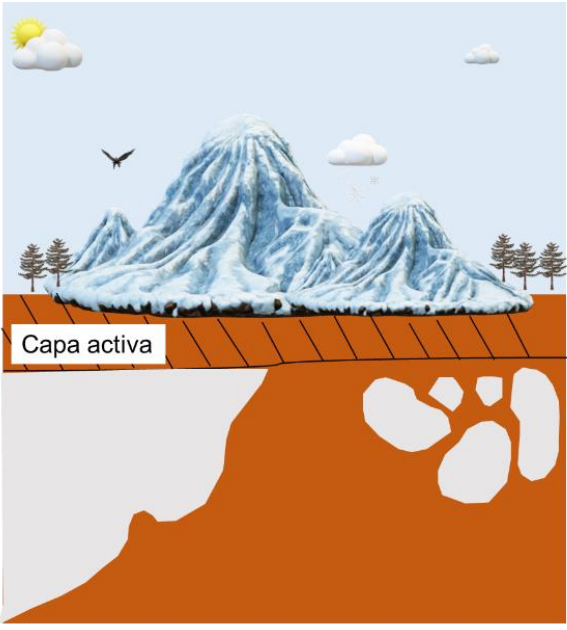
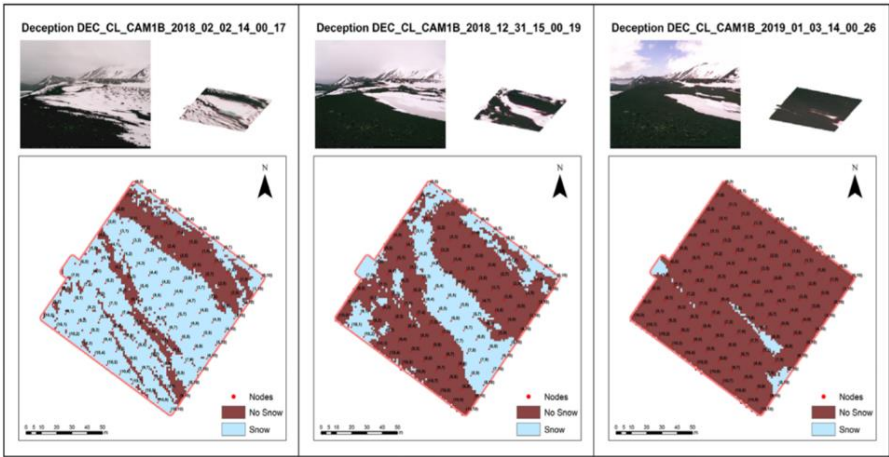
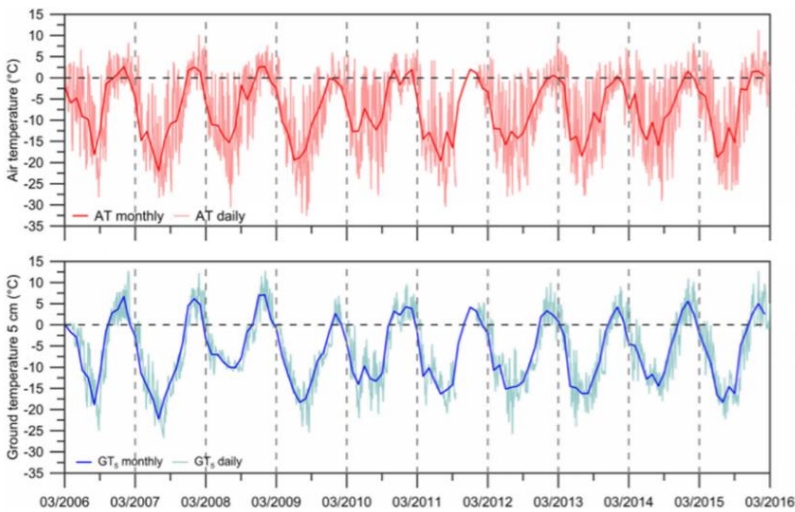
SEMANA 1 – DEFINICIONES Y CONCEPTOS
<p>#1CIP [DyC] En función de su continuidad espacial, se diferencia entre permafrost continuo (aquel que cubre grandes regiones- 46,9% del permafrost terrestre) y permafrost discontinuo (aquel extendido en áreas dispersas- 19,2% del permafrost).</p>  <p>El diagrama ilustra un perfil del terreno con montañas nevadas y árboles en la superficie. Debajo del suelo, se muestra la estructura del permafrost. Una línea horizontal indica la 'Capa activa'. A la izquierda, el permafrost es continuo y sólido. A la derecha, el permafrost es discontinuo y fragmentado en bloques aislados.</p> <p>Permafrost continuo      Permafrost discontinuo</p>

Tabla 4. Ejemplos del contenido semanal del PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST  
(continuación)

SEMANA 2 – LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DEL PERMAFROST	
<p>#1CIP [IdelE] (1/3) La degradación del permafrost tiene un impacto directo en los humanos. La descongelación y la desaparición del permafrost deriva a la pérdida de resistencia del suelo y al aumento de la permeabilidad.</p>	
<p>#1CIP [IdelE] (2/3) También puede disparar procesos como deslizamientos, desprendimientos y colapsos. Estos procesos pueden afectar a carreteras, líneas de ferrocarril y áreas residenciales (viviendas, tuberías, conducciones de gas natural, etc.)</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Source: Agencia Sinc</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Source: Agencia Sinc</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>Source: The Siberian Times</p> </div>	
<p>#1CIP [IdelE] (3/3) Esto afecta, directa o indirectamente, a las condiciones de vida de 3,6 millones de personas en todo el planeta (especialmente en la zona ártica), que, además, conduce a un aumento en los costes de desarrollo y mantenimiento de las infraestructuras</p>	
SEMANA 3 – GESTIÓN Y PROTOCOLOS INTERNACIONALES	
<p>Martes#1CIP [GyP] (1/2) El tercer Año Polar Internacional 2007-2008 (API) es una campaña interdisciplinar de investigación y observaciones coordinada internacionalmente y protagonizada por el Consejo Internacional de Uniones Científicas y la Organización Meteorológica Mundial.</p>	
<p>#1CIP [GyP] (2/2) El API 2007-2008 está enfocado en el entendimiento de los procesos polares, incluyendo el permafrost, y sus implicaciones globales.</p>	
	

Tabla 4. Ejemplos del contenido semanal del PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST (continuación)

SEMANA 4 – MÉTODOS
<p>#1CIP [MET] (1/3) Para el seguimiento de las condiciones meteorológicas y monitorear a evolución de la capa de nieve y su distribución espacial con el fin de comprender el espesor de la capa activa, en algunas ocasiones, se recurre al empleo de cámaras fenomenológicas.</p> <p>#1CIP [MET] (2/3) Estas cámaras automáticas, que toman imágenes durante las horas de máxima insolación, están asociados a sistemas de información geográfica que permiten cartografiar diariamente la evolución de la nieve.</p> <p>#1CIP [MET] (3/3) De esta manera, se obtienen mapas diarios de cobertura de nieve, muy útiles para ver su relación con el espesor de la capa activa medidos en los CALM.</p>
 <p style="text-align: right;">Source: de Pablo et al., 2020 Cuadernos de investigación geográfica</p>
SEMANA 5 – EL PERMAFROST EN LA ANTÁRTIDA
<p>#1CIP [PERANT] (1/2) Por último, se destacan los estudios llevados a cabo en la isla James Ross, situada al este de la PA. En el periodo de 2006 a 2016 en la Isla James Ross los valores de MAAT y MAGT fueron de <math>-7,3</math> y <math>-6,1</math> °C, respectivamente, y el espesor promedio de la capa activa fue de 60 cm.</p>  <p style="text-align: right;">Source: Hrbáček y Uxa, 2020 Permafrost and Periglacial Processes</p> <p>#1CIP [PERANT] (2/2) La MAAT han aumentado, sin embargo, la MAGT ha disminuido. El espesor de la capa activa disminuyó un promedio de 1,6 cm/año asociado a la disminución de temperaturas estivales y el acortamiento de la temporada de deshielo.</p>

### **3.5. Pruebas de evaluación**

Por último, las pruebas de evaluación consistirán en exámenes tipo test acerca de los contenidos expuestos a lo largo de la semana. La herramienta empleada para la realización de las pruebas será Google Forms. Google Forms es una herramienta en línea que forma parte de las aplicaciones de Google Suite Google Cloud que permite la creación de encuestas, sondeos y cuestionarios de evaluación formativa (Castro, 2018). Una de las principales ventajas que ofrece la herramienta es la recopilación automática de las respuestas y el tratamiento de los datos en tiempo real con la posibilidad de examinarlo en hojas de cálculo, lo que a su vez permite la realización de gráficos (Google, 2021). Para el diseño de la prueba de evaluación se seleccionarán cuatro preguntas cerradas multicotómicas (más de dos opciones de respuesta, en concreto, cuatro posibles respuestas) en las que las opciones de respuesta quedarán predeterminadas y los evaluados deberán elegir entre ellas (ANEXO VIII). Al final de cada bloque de contenido, se publicará el enlace que permitirá realizar la prueba de evaluación. Se pretende que las pruebas de evaluación no tengan una excesiva complejidad, ya que se pueden contestar revisando los contenidos expuestos a lo largo de la semana, es decir, las preguntas de los cuestionarios son sacadas directamente de la información contenida en los *tweets*.

Tabla 5. Ejemplos de las pruebas de evaluación

<b>CUESTIONARIO 1 – DEFINICIONES Y CONCEPTOS</b>
<p>3. ¿A qué término corresponde la siguiente definición? Definición: Parches de terreno que permanecen sin congelar mezclados con el permafrost como resultado de la presión local, la alta salinidad o el flujo de agua subterránea.</p> <p>a) Capa activa</p> <p>b) Permafrost continuo</p> <p>c) Permafrost discontinuo</p> <p>d) <b>Talik (Revisar la publicación del viernes de la primera semana)</b></p>
<b>CUESTIONARIO 2 – LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO</b>
<p>1. ¿Qué efectos tiene la degradación del permafrost sobre el cambio climático?</p> <p>a) Ninguno, el permafrost no se descongela.</p> <p>b) La degradación del permafrost ártico atenúa los efectos del cambio climático.</p> <p>c) <b>El deshielo del permafrost ártico puede liberar CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> por acción microbiana a la atmósfera, al contener grandes depósitos de carbono orgánico, aumentando las tasas de calentamiento global (Revisar la publicación del martes de la segunda semana)</b></p> <p>d) Ninguna de las anteriores es correcta.</p>
<b>CUESTIONARIO 3 – GESTIÓN Y PROTOCOLOS INTERNACIONALES</b>
<p>2. ¿A qué organización pertenece el siguiente objetivo? Objetivo: Fomentar la difusión de conocimientos y promoción de la cooperación entre personas y organizaciones dedicadas a la investigación del permafrost.</p> <p>a) Red Terrestre Global para Permafrost (GTN-P).</p> <p>b) <b>Asociación Internacional de Permafrost (IPA) (Revisar la publicación del lunes de la tercera semana).</b></p> <p>c) comité permanente de Permafrost Antártico, Ambientes periglaciares y Suelos (ANTPAS)</p> <p>d) Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR).</p>
<b>CUESTIONARIO 4 – MÉTODOS</b>
<p>4. ¿Qué métodos permiten evaluar el espesor de la capa activa?</p> <p>a) Termogramas y mapas de espesor de la capa activa.</p> <p>b) Perfiles verticales térmicos.</p> <p>c) Tomografía de resistividad eléctrica (ERT)</p> <p>d) <b>Todas las anteriores son correctas (Revisar la publicación del martes, miércoles, jueves y viernes de la cuarta semana).</b></p>
<b>CUESTIONARIO 5 – EL PERMAFROST EN LA ANTÁRTIDA</b>
<p>2. ¿Cuál es la región antártica más estudiada en relación con el permafrost?</p> <p>a) Península Antártica.</p> <p>b) Tierra de Maria Byrd.</p> <p>c) <b>Montañas Transartárticas (Revisar la publicación del martes de la quinta semana)</b></p> <p>d) Tierras de la Reina Maud.</p>



#### **4. DISCUSIÓN**

Los escenarios formativos actuales en la educación se están orientando hacia un nuevo formato que reúne tres principios básicos: gratuidad, masividad y ubicuidad (Cormier y Siemens, 2010; Berman, 2012; Boxall, 2012) en los denominados Cursos Online Masivos en Abierto (MOOCs) (Vázquez-Cano, 2013). Los MOOCs están suponiendo una nueva forma de formación de incidencia mundial y una gran oportunidad para divulgar la producción científica mundial (Vázquez-Cano, 2013). El formato de libro o artículo escrito tiene una representación muy baja en estos cursos, al contrario que el vídeo, que es el formato de divulgación preferido debido a su carácter dinámico, ameno y visual (Vázquez-Cano, 2013). En este escenario, las redes sociales pueden suponer una nueva forma de colaboración e interacción con estos cursos, ayudando a la divulgación de la ciencia, haciendo que esta adquiriera una mayor relevancia internacional (Vázquez-Cano, 2013).

Dentro de la divulgación en las redes sociales, *Twitter* cobra importancia dada la inmediatez y el alcance de sus publicaciones, donde el impacto y la difusión que se busca con la divulgación puede llegar en último extremo a todo el planeta en cuestión de segundos (Seguí-Simarro et al., 2015). Profundizando en esta plataforma, se pone de manifiesto las notables diferencias existentes entre el inglés y el español en relación con la temática del permafrost. Las publicaciones realizadas en inglés en el periodo de 01/05/2020 – 01/05/2021 casi quintuplican a las publicaciones realizadas en habla hispana (Figura 1). Del mismo modo, y ahondando en las principales cuentas creadoras de contenido, las publicaciones de *Gnewshub* (inglés) superan en un 40% a las publicaciones realizadas por *Permafrost\_UAH* (español) en el rango temporal analizado (Figura 2 y 3). En este contexto, surge la oportunidad y la necesidad de establecer una nueva propuesta de divulgación en *Twitter* sobre el permafrost en habla hispana bajo el título “PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST”.

El “PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST” ha de ser concebido como una nueva oportunidad de divulgación y material didáctico no vista hasta el momento en *Twitter*. A día de hoy, en la plataforma, no existe ninguna estrategia de divulgación similar que abarque el espectro de los



contenidos expuestos. Se tratan temas desde la definición y conceptos del permafrost, hasta finalmente, su estudio en la Antártida. Otra de los ventajas del curso online es la continuidad de publicaciones en el tiempo. Con una duración de cinco semanas y la publicación de un *tweet* o *hilo de Twitter* cada día, se proporciona contenido de forma continua y gradual en el tiempo, haciendo una gradación de los contenidos, desde los conceptos más simples y genéricos, hasta los contenidos más específicos. Por último, se asegura que la información contenida en el curso está suficientemente contrastada y su realización supondrá una verdadera oportunidad de aprendizaje.

Al ser un curso de introducción al permafrost, y como principales contras de la propuesta de divulgación, la información contenida no será lo más detallada y profunda posible, como es el caso de algunas de las secciones de las cuentas *Permafrost\_UAH* (ANEXO I) o *queenofpeat* (ANEXO IV).

La principal dificultad encontrada a la hora de la realización del curso online gratuito ha sido la limitación de caracteres por *tweet*. En 280 caracteres resulta complejo la transmisión clara de conceptos e ideas que se pretenden con la divulgación. Ante este problema, la solución recae en la creación de *hilos de Twitter* para expresar la información de forma adecuada. Los *hilos de Twitter* son una serie de *tweets* conectados que permiten, en este caso, ampliar el contenido de la divulgación (Twitter, 2020). Sin embargo, si el hilo contiene cuatro *tweets* o más, los *tweets* contenidos en él aparecen truncados temporalmente a los diferentes usuarios, es decir, pierden su cronología (Twitter, 2020). Por esta razón, si los usuarios que realizan el curso no son conocedores de la opción “*Mostrar este hilo*”, parte de la información puede perderse, y, por tanto, puede peligrar el objetivo de la divulgación.

En definitiva, un estudio profundo del permafrost, su comportamiento y sus implicaciones permitirán en un futuro contrarrestar con mayor eficacia los efectos de su degradación, además el diseño, la construcción y el mantenimiento de las estructuras realizadas sobre él. Asimismo, tanto el permafrost, como la geomorfología periglacial no aparecen recogidos dentro del sistema educativo español (Klene et al., 2002) y el entendimiento de la propuesta de divulgación

presentada, podría convertirse en núcleo didáctico que justifique el estudio del permafrost en los sistemas educativos españoles.

## **5. CONCLUSIONES**

La elaboración de la propuesta del “PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST” ha permitido la transmisión de conceptos y la importancia del estudio del permafrost, especialmente en la Antártida y su papel en el calentamiento global:

- El “PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST” será un curso online gratuito en la plataforma de *Twitter*, realizado en la cuenta *Pemafrost\_UAH*, administrada por Dr. D. Miguel Ángel de Pablo Hernández.
- El curso contará con cinco bloques de contenido: (1) Definiciones y conceptos, (2) La importancia del estudio, (3) Gestión y protocolos internacionales, (4) Métodos y (5) El estudio del permafrost en la Antártida.
- El curso tendrá una duración de 5 semanas (una para cada bloque de contenido) y los *tweets* o *hilos de Twitter* serán publicados de lunes a domingo a las 12:30 h.
- Al final de cada bloque de contenido, se publicará una prueba de evaluación que se realizará en la plataforma de Google Forms. Las pruebas de evaluación consisten en cuatro preguntas de tipo test con cuatro opciones de respuesta.
- Al finalizar el curso y una vez dados “me gusta” a todas las publicaciones y realizadas las pruebas de evaluación, se concederá un documento simbólico de finalización de estudios.
- El curso se convertirá en una referencia de divulgación dentro del estudio del permafrost en la plataforma de *Twitter* en habla hispana, dadas las escasas opciones de divulgación en comparación con el inglés.

## **REFERENCIAS**

- ABC (2015) *El deshielo del permafrost del Ártico provocará 43 billones de dólares en daños económicos* [en línea] Disponible en: <<https://www.abc.es/sociedad/20150921/abci-deshielo-artico-danos201509211406.html>>
- ABC (2017). *Cada grado adicional descongela un área del tamaño de la India* [en línea] Disponible en: <[https://www.abc.es/natural/cambioclimatico/abci-cada-grado-adicional-descongela-area-tamano-india201704171158\\_noticia.html](https://www.abc.es/natural/cambioclimatico/abci-cada-grado-adicional-descongela-area-tamano-india201704171158_noticia.html)> [consulta 12 mayo 2021]
- ABC (2018a). *La erosión costera en el Ártico intensifica el cambio climático* [wn línea] Disponible en: <[https://www.abc.es/natural/cambioclimatico/abcierosion-costera-artico-intensifica-calentamiento-global201809131120\\_noticia.html](https://www.abc.es/natural/cambioclimatico/abcierosion-costera-artico-intensifica-calentamiento-global201809131120_noticia.html)> [consulta 12 mayo 2021]
- ABC (2018b) *Resucitan gusanos de hace 42.000 años a causa del deshielo en Siberia* [en línea]. Disponible en: <[https://www.abc.es/ciencia/abci-resucitan-gusanos-hace-42000-anos-causa-deshielo-siberia-201808260218\\_noticia.html](https://www.abc.es/ciencia/abci-resucitan-gusanos-hace-42000-anos-causa-deshielo-siberia-201808260218_noticia.html)> [consulta: 12 mayo 2021]
- ABC (2019a) [en línea] *El cambio climático subirá un metro el nivel del Mar Mediterráneo en 2100* Disponible en: <[https://www.abc.es/sociedad/abci-cambio-climatico-subira-metro-nivel-mar-mediterraneo-2100-201910101140\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abci-cambio-climatico-subira-metro-nivel-mar-mediterraneo-2100-201910101140_noticia.html)> [consulta: 11 mayo 2021]
- ABC (2019b). *Por primera vez, se revisa el estado del permafrost en el conjunto de la Tierra* [en línea. Disponible en: <[https://www.abc.es/natural/cambioclimatico/abci-primera-revisa-estadopermafrost-conjunto-tierra-201901211241\\_noticia.html](https://www.abc.es/natural/cambioclimatico/abci-primera-revisa-estadopermafrost-conjunto-tierra-201901211241_noticia.html)> [consulta 12 mayo 2021]
- ABC (2019c) *¿Lobo o perro? El misterio del cachorro congelado hace 18.000 años* [en línea] Disponible en: <https://www.abc.es/ciencia/abci-lobo-o->

[perromisterio-cachorro-congelado-hace-18000-anos201912020100\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abci-planeta-registra-concentraciones-record-emisiones-vuelta-niveles-2019-202009091423_noticia.html) consulta: 12 mayo 2021]

ABC (2020a) *El planeta registra concentraciones récord de CO<sub>2</sub>, con las emisiones diarias de vuelta a los niveles de 2019* [en línea] Disponible en: [https://www.abc.es/sociedad/abci-planeta-registra-concentraciones-record-emisiones-vuelta-niveles-2019-202009091423\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abci-planeta-registra-concentraciones-record-emisiones-vuelta-niveles-2019-202009091423_noticia.html)> [consulta: 11 mayo 2021]

ABC (2020b). *Permafrost, el gran cementerio helado de virus y bacterias se descongela* [en línea] Disponible en: [https://www.abc.es/sociedad/abci-permafrost-gran-cementerio-helado-virus-y-bacterias-descongela-202006290149\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abci-permafrost-gran-cementerio-helado-virus-y-bacterias-descongela-202006290149_noticia.html)> [consulta: 12 mayo 2021]

BBC (2016) *El récord de emisiones de CO<sub>2</sub> que marca el inicio de una "nueva era" de cambio climático* [en línea] Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37753915>> [consulta: 11 mayo 2021]

BBC (2020a) *Deshielo en el Ártico: las imágenes de satélite que muestran la ruptura de la última gran plataforma de hielo de Groenlandia* [en línea] Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-54146917>> [consulta: 11 mayo 2021]

BBC (2020b) *The Siberian landscape scarred by climate change* [en línea] Disponible en: <https://www.bbc.com/reel/video/p08rswtc/the-siberian-landscape-scarred-by-climate-change?ocid=ww.social.link.twitter>> [consulta: 09 mayo 2021]

Berman, D. (2012). In the future, who will need teachers. *The Wall Street Journal*, 23(10)

Bockheim, J.G, Vieira, G., Ramos, M., López-Martínez, J., Serrano, E., Guglielmin, M., Wilhelm, K. y Nieuwendam, A. (2013). Climate warming and permafrost dynamics in the Antarctic Peninsula region. *Global and Planetary Change*, 100, 215-223.

- Boxall, M. (2012). MOOCs: a massive opportunity for higher education, or digital hype. *The Guardian*, 8.
- Burgos Conecta (2018) *El deshielo del permafrost amenaza al 70% de las infraestructuras en el Ártico* [en línea] Disponible en: <https://www.burgosconecta.es/sociedad/deshielo-permafrost-amenaza-20181211181247-ntrc.html> [consulta: 12 mayo 2021]
- Castro, S. (2018) Google Forms Quizzes and Substitution, Augmentation, Modification, and Redefinition (SAMR) Model Integration. *Issues and Trends in Educational Technology*, 6(2).
- Cormier, D. y Siemens, G. (2010). Through the Open Door: Open Courses as Research, Learning & Engagement. *Educause Review*, 45 (4), 30-39
- Davidson, E. A., y Janssens, I. A. (2006) Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 440 (7081), 165-173.
- de Pablo, M.A (2015) *Glacial geomorphology of the flank of the Hecates Tholus Volcano, Mars*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense
- Demidov, N. E., y Gilichinsky, D. A. (2009) Terrestrial permafrost models and analogues of Martian habitats and inhabitants. *Permafrost Soils*, 323- 341.
- Diario AS (2021) *Los científicos revelan el secreto de los cráteres aparecidos en Siberia* [en línea] Disponible en: [https://as.com/diarioas/2021/02/18/actualidad/1613627399\\_740472.html](https://as.com/diarioas/2021/02/18/actualidad/1613627399_740472.html) [consulta: 11 mayo 2021]
- Dobinski, W. (2011). Permafrost. *Earth-Science Reviews*, 108(3-4), 158-169
- Duvillard, P. A., Ravanel, L., y Deline, P. (2015) Risk assessment of infrastructure destabilization in context of permafrost in the French Alps. *Engineering Geology for Society and Territory*, 1, 297-300.
- El País (2019) *Los expertos climáticos de la ONU advierten: el aumento del nivel del mar se ha acelerado y es ya imparable* [en línea] Disponible en:

<[https://elpais.com/sociedad/2019/09/24/actualidad/1569334103\\_514886.html](https://elpais.com/sociedad/2019/09/24/actualidad/1569334103_514886.html)> [consulta: 11 mayo 2021]

El País (2020a) [en línea] Disponible en: <<https://elpais.com/sociedad/2020-09-24/el-cambio-climatico-amenaza-la-cascada-cola-de-caballo-en-el-parque-nacional-de-ordesa.html>> [consulta: 11 mayo 2021]

El País (2020b) *El cambio climático acecha el canal de Panamá* [en línea] Disponible en: <<https://elpais.com/sociedad/2020-08-17/el-cambio-climatico-acecha-al-canal-de-panama.html?autoplay=1>> [consulta: 11 mayo 2021]

El País (2020c) *Las Tablas de Daimiel, en estado crítico y sin agua del Tajo* [en línea] Disponible en: <[https://elpais.com/sociedad/2020/02/07/actualidad/1581070992\\_595443.html](https://elpais.com/sociedad/2020/02/07/actualidad/1581070992_595443.html)> [consulta: 11 mayo 2021]

El País (2020d) *Los dos polos pierden seis veces más hielo que hace 30 años* [en línea] Disponible en: <<https://elpais.com/ciencia/2020-03-11/los-dos-polos-pierden-seis-veces-mas-hielo-que-hace-30-anos.html>> [consulta: 11 mayo 2021]

El País (2020e) *El deshielo del permafrost del Ártico fuerza a rusia a revisar infraestructuras clave* [en línea] Disponible en: <<https://elpais.com/sociedad/2020-06-14/el-deshielo-del-permafrost-del-artico-fuerza-a-rusia-a-revisar-infraestructuras-clave.html>> [consulta: 12 mayo 2021]

El País (2021a) *La sequía que abrasa México: una tragedia predecible y devastadora* [en línea] Disponible en: <<https://elpais.com/mexico/2021-04-24/la-sequia-que-abrasa-mexico-una-tragedia-predecible-y-devastadora.html>> [consulta: 11 mayo 2021]

El País (2021b) *Las imágenes de la nasa sobre un México seco elevan la preocupación de la seguí* [en línea] Disponible en: <<https://elpais.com/mexico/2021-05-07/las-imagenes-de-la-nasa-sobre->

[un-mexico-seco-elevan-la-preocupacion-por-la-sequia.html](https://elpais.com/mexico/2021-04-12/la-sequia-abrasa-el-83-del-territorio-de-mexico.html)> [consulta: 11 mayo 2021]

El País (2021c) *La sequía abrasa el 83% del territorio de México* [en línea] Disponible en: <<https://elpais.com/mexico/2021-04-12/la-sequia-abrasa-el-83-del-territorio-de-mexico.html>> [consulta: 11 mayo 2021]

El Secreto de los Druidas (2021) *Sobre mí* [en línea] Disponible en: <<https://elsecretodelosdruidas.com/sobre-mi/>> [consulta: 07 junio 2021]

Estrada, L. A. (1981). La divulgación de la ciencia. *Ciencias*, (27).

Gilichinsky, D. A. (2002) Permafrost model of extraterrestrial habitat. *Astrobiology*, 125-142.

Global Investigate Journalism Network (2018) *Caja de herramientas de GIJN para investigaciones: Cómo crear perfiles de personas y negocios* [en línea] Disponible en: <<https://gijn.org/2018/11/05/caja-de-herramientas-de-gijn-para-investigaciones-como-crear-perfiles-de-personas-y-negocios/>> [consulta: 23 junio 2021].

González-Eguino, M., y Neumann, M. B. (2016). Significant implications of permafrost thawing for climate change control. *Climatic Change*, 136(2), 381-388.

Google (2021) *Formularios de Google: crea y analiza encuestas de forma gratuita* [en línea] Disponible en: <<https://www.google.es/intl/es/forms/about/>> [consulta: 21 abril 2021].

Harms, T. K., & Jones Jr, J. B. (2012). Thaw depth determines reaction and transport of inorganic nitrogen in valley bottom permafrost soils: Nitrogen cycling in permafrost soils. *Global Change Biology*, 18(9), 2958-2968.

Hebsgaard, M. B., y Willerslev, E. (2009). Very old DNA. *Permafrost Soils*, 47-57.

Hernando, M.C. (2003) *Divulgación y periodismo científica: entre la claridad y la exactitud*. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

- Hjort, J., Karjalainen, O., Aalto, J., Westermann, S., Romanovsky, V. E., Nelson, F. E., Etzelmüller, B., y Luoto, M. (2018). Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century. *Nature communications*, 9(1), 1-9.
- Hrbáček, F., Oliva, M., Ruiz-Fernández, J., Kňážková, M., y de Pablo, M. Á. (2020) Modelling ground thermal regime in bordering (dis) continuous permafrost environments. *Environmental research*, 181.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) (2020) *About the IPPC* [en línea] Disponible en: <<https://www.ipcc.ch/about/>> [consulta: 07 mayo 2021]
- International Permafrost Association (2018) *About the International Permafrost Association* [en línea] Disponible en: <<https://ipa.arcticportal.org/about-the-ipa>> [consulta: 13 febrero 2021]
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) (2014) *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: IPPC.
- Keuschnig, M., Hartmeyer, I., Höfer-Öllinger, G., Schober, A., Krautblatter, M., y Schrott, L. (2015) Permafrost-related mass movements: Implications from a rock slide at the Kitzsteinhorn, Austria. *Engineering Geology for Society and Territory*, 1, 255-259.
- Klene, A.E., Nelson, F.E., Nevins, J., Rogers, F. y Shiklomanov, I. (2002) Permafrost science and secondary education: direct involvement of teachers and students in field research. *Geomorphology*, 47, 275-287
- La Vanguardia (2021) *Buscan virus prehistóricos en el permafrost que derrite el cambio climático* [en línea] Disponible en: <<https://www.lavanguardia.com/natural/20210217/6250828/buscan-virus-prehistoricos-permafrost-derrite-cambio-climatico.html>> [consulta: 12 mayo 2021]
- Laboratorio de Turetsky (2021) *Miembros del laboratorio* [en línea] Disponible en: <<https://www.turetskylab.com/humans>> [consulta: 07 junio 2021]



- Lenton TM, Held H, Kriegler E, Hall JW, Lucht W, Rahmstorf S, Schellnhuber HJ. 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 1786-1793.
- Ma, W., Mu, Y., Wu, Q., Sun, Z., y Liu, Y. (2011) Characteristics and mechanisms of embankment deformation along the Qinghai–Tibet Railway in permafrost regions. *Cold Regions Science and Technology*, 67(3), 178-186.
- Mar Gómez (2021) *Inicio* [en línea] Disponible en: [<https://www.margomez.com/>](https://www.margomez.com/) [consulta: 06 junio 2021]
- Melvin, A. M., Larsen, P., Boehlert, B., Neumann, J. E., Chinowsky, P., Espinet, X., Martinich, J., Baumann, M.S., Rennels, L., Bothner, A., Nicolsky, D.J., y Marchenko, S.S (2017) Climate change damages to Alaska public infrastructure and the economics of proactive adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (2), 122-131.
- Metricool (2017) *Las mejores horas para publicar en Twitter* [en línea] Disponible en: [<https://metricool.com/es/mejores-horas-para-publicar-en-twitter/>](https://metricool.com/es/mejores-horas-para-publicar-en-twitter/) [consulta: 24 julio 2021]
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2020) *Protocolo de Kioto* [en línea] Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx> [consulta: 08 mayo 2021]
- Mundo Deportivo (2021) *Buscan virus prehistóricos en el permafrost que se derrite por el cambio climático* [en línea] Disponible en: <https://www.mundodeportivo.com/actualidad/20210220/492203766612/buscan-virus-prehistoricos-en-el-permafrost-que-se-derrite-por-el-cambio-climatico.html> [consulta: 12 mayo 2021]
- National Geographic (2016a) *Las emisiones de gases de efecto invernadero batieron su récord en 2015* [en línea] Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/las-emisiones-de->

[gases-de-efecto-invernadero-batieron-su-record-en-2015](#)> [consulta: 11 mayo 2021]

National Geographic (2016b) *La asombrosa conservación de 2 cachorros de león de las cavernas* [en línea] Disponible en: <[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/asombrosa-conservacion-cachorros-leon-las-cavernas\\_10831](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/asombrosa-conservacion-cachorros-leon-las-cavernas_10831)> [consulta: 12 mayo 2021]

National Geographic (2017) *El derretimiento del permafrost puede provocar deslizamientos de tierra como este* [en línea] Disponible en: <<https://www.nationalgeographic.es/video/tv/el-derretimiento-del-permafrost-puede-provocar-deslizamientos-de-tierra-como-este>> [consulta: 12 mayo 2021]

National Geographic (2019a) *El aumento del nivel del mar se acelera: el cambio climático llega antes y más fuerte de lo previsto* [en línea] Disponible en: <<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/09/el-aumento-del-nivel-del-mar-se-acelera-por-un-cambio-climatico-imparable>> [consulta: 11 mayo 2021]

National Geographic (2019b) *200.000 españoles amenazados por un aumento del nivel de mar* [en línea] Disponible en: <[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/200000-espanoles-amenazados-por-aumento-nivel-mar\\_14884](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/200000-espanoles-amenazados-por-aumento-nivel-mar_14884)> [consulta: 11 mayo 2021]

National Geographic (2019c) *El rápido derretimiento del permafrost del Ártico nos afecta a todos* [en línea]. Disponible en: <<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/08/rapidoderretimiento-permafrost-artico-nos-afecta-todos>> [consulta 12 mayo 2021]

National Geographic (2019d). *Descubren la cabeza de un lobo gigante de hace 40.000 años con el cerebro intacto* [en línea] Disponible en: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/descubren-cabeza-lobogigante-hace-40000-anos-cerebro-intacto\\_14378](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/descubren-cabeza-lobogigante-hace-40000-anos-cerebro-intacto_14378) [consulta: 12 mayo 2021]

National Geographic (2020) *¿Qué ha creado este enorme cráter descubierto en Siberia?* [en línea] Disponible en: <<https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2020/09/que-ha-creado-este-enorme-crater-descubierto-en-siberia>> [consulta: 11 mayo 2021]

National Geographic (2021a) *El primer estudio de los gases de efecto invernadero de la selva amazónica sugiere que está empeorando el cambio climático* [en línea] Disponible en: <<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2021/03/la-selva-amazonica-parece-estar-contribuyendo-al-cambio-climatico>> [consulta: 11 mayo 2021]

National Geographic (2021b) *La pérdida de hielo global alcanza un nuevo récord* [en línea] Disponible en: <[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/perdida-hielo-global-alcanza-nuevo-record\\_16274](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/perdida-hielo-global-alcanza-nuevo-record_16274)> [consulta: 11 mayo 2021]

National Geographic (2021c) *Paleovirus, la búsqueda de virus prehistóricos para evitar problemas en el futuro* [en línea] Disponible en: <[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/paleovirus-busqueda-virus-prehistoricos-para-evitar-problemas-futuro\\_16488](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/paleovirus-busqueda-virus-prehistoricos-para-evitar-problemas-futuro_16488)> [consulta: 12 mayo 2021]

National Research Council of Canada. Division of building research (1981). Permafrost; Record identifier / Identificateur de l'enregistrement: 95ebc631-0f6a-4bcd-8503-c73f0b30dcc6.

Oliva, M., Hrbacek, F., Ruiz-Fernández, J., de Pablo, M. Á., Vieira, G., Ramos, M., y Antoniades, D. (2017) Active layer dynamics in three topographically distinct lake catchments in Byers Peninsula (Livingston Island, Antarctica). *Catena*, 149, 548-559.

Osterkamp, T. E. y Burn, C. R., (2014) Permafrost. *Encyclopedia of atmospheric sciences* (1), 1717-1729.

Radio Televisión Española (RTVE) (2021a) *Los científicos apuntan al cambio climático como origen de los nuevos cráteres de Siberia* [en línea]

Disponible en: <Disponible en:  
<<https://www.rtve.es/noticias/20210219/cientificos-apuntan-cambio-climatico-origen-crateres-siberia/2077602.shtml>> [consulta: 11 mayo 2021]

Radio Televisión Española (RTVE) (2021b) *Las explosiones de gas en el permafrost, origen de los misteriosos cráteres de Siberia* [en línea]  
Disponible en:  
<[https://www.rtve.es/alacarta/videos/telediario/explosiones-gas-permafrost-origen-misteriosos-crateres-siberia/5798357/?utm\\_medium=Social&utm\\_source=Twitter#Echobox=1613752421](https://www.rtve.es/alacarta/videos/telediario/explosiones-gas-permafrost-origen-misteriosos-crateres-siberia/5798357/?utm_medium=Social&utm_source=Twitter#Echobox=1613752421)> [consulta: 11 mayo 2021]

Ramírez, D. C., Martínez, L. C., y Castellanos, Ó. F. (2012). *Divulgación y difusión del conocimiento: las revistas científicas*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Ramos, M., De Pablo, M. A., Sebastian, E., Armiens, C., y Gómez-Elvira, J. (2012) Temperature gradient distribution in permafrost active layer, using a prototype of the ground temperature sensor (REMS-MSL) on deception island (Antarctica). *Cold regions science and technology*, 72, 23-32.

Shoene, D., Bernier, P., y Gu, S. (2009) La adaptación de los bosques y su ordenación al cambio climático: una visión de conjunto. *Unasylva*, 60(231-232), 5-11.

Schuur, E. A., Bockheim, J., Canadell, J. G., Euskirchen, E., Field, C. B., Goryachkin, S. V., Hagemann S., Kuhry P., Lafleur P. M., Lee H., Mazhitova G., Nelson F. E., Rinke A., Romanovsky V. E, Shiklomanov N., Tarnocai C., Venevsky S., Vogel J. G y Zimov, S. A. (2008) Vulnerability of permafrost carbon to climate change: Implications for the global carbon cycle. *BioScience*, 58(8), 701-714.

Seguí Simarro, J. M., Poza Luján, J. L., y Mulet Salort, J. M. (2015) *Estrategias de divulgación científica*. Valencia: Universidad Politècnica de València.

- Shan, W., Hu, Z., Guo, Y., Zhang, C., Wang, C., Jiang, H., ... y Xiao, J. (2015) The impact of climate change on landslides in southeastern of high-latitude permafrost regions of China. *Frontiers in Earth Science*, 3, 7.
- Steven, B., Niederberger, T. D., y Whyte, L. G. (2009). Bacterial and archaeal diversity in permafrost. *Permafrost soils*, 59-72.
- The Arctic Institute (2020) *Expertos* [en línea] Disponible en: <<https://www.thearcticinstitute.org/experts/ekaterina-uryupova/>> [consulta: 17 julio 2021]
- The Permafrost Young Researches Network (PYRN) (2020) *About PYRN* [en línea] Disponible en: <<https://pyrn.arcticportal.org/about-us>> [consulta: 23 marzo 2021]
- TweetDeck (2008) *About us* [en línea] Disponible en: <<https://tweetdeck.twitter.com/>> [consulta: 23 julio 2021]
- Twitter (2020) *Cómo crear un hilo en Twitter* [en línea] Disponible en: <<https://help.twitter.com/es/using-twitter/create-a-thread>> [consulta: 25 julio 2021]
- Twlets (2020) *Características* [en línea] Disponible en: <<http://twlets.com/#Features>> [consulta: 23 julio 2021]
- Última Hora (2020) *El deshielo saca a la luz a un mamut intacto en el Círculo Polar Ártico* [en línea] Disponible en: <<https://www.ultimahora.es/noticias/sociedad/2020/08/02/1185641/cambio-climatico-mamut-aparece-bajo-permafrost-siberia.html>> [consulta: 12 mayo 2021]
- United Nations Climate Change (UNCC) (2020). *¿Qué es el Protocolo de Kyoto?* [en línea]. Disponible en: <[https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol)> [consulta: 08 mayo 2021]
- van Everdingen, R.O. (1998). Multi-Language glossary of permafrost and related ground-ice terms. *International Permafrost Association*.
- van Huissteden, J. (2020) Thawing Permafrost. *Springer International Publishing*

- Vázquez-Cano, E. (2013) El videoartículo: nuevo formato de divulgación en revistas científicas y su integración en MOOCs. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 21(41), 83-91.
- Vieira, G., Bockheim, J., Guglielmin, M., Balks, M., Abramov, A. A., Boelhouwers, J., Cannone, N., Ganzert, L., Gilichinsky, D. A., Goryachkin, S., López-Martínez, J., Meiklejohn, I., Raffi, R., Ramos, M., Schaefer C., Serrano, E., Simas, F., Sletten, R. y Wagner, D. (2010) Thermal state of permafrost and active-layer monitoring in the antarctic: Advances during the international polar year 2007– 2009. *Permafrost and Periglacial Processes*, 21 (2), 182-197.
- Voight, C., Marushchak, M. E., Abbott, B. W., Biasi, C., Elberling, B., Siciliano, S. D., ... y Martikainen, P. J. (2020). Nitrous oxide emissions from permafrost-affected soils. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(8), 420-434.
- Vonk, J. E., Sánchez-García, L., Van Dongen, B. E., Alling, V., Kosmach, D., Charkin, A., ... y Eglinton, T. I. (2012). Activation of old carbon by erosion of coastal and subsea permafrost in Arctic Siberia. *Nature*, 489(7414), 137- 140.
- Yang, M., Nelson, F. E., Shiklomanov, N. I., Guo, D., y Wan, G (2010). Permafrost degradation and its environmental effects on the Tibetan Plateau: A review of recent research. *Earth-Science Reviews*, 103 (1-2), 31-44.

# **ANEXOS**



## Anexo I. Secciones de la cuenta *Permafrost UAH*

### (1) CAMPAÑA ANTÁRTICA 2020-2021



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ene.

Maleta, PCR negativa, permisos ambientales, gel hidroalcohólico y un buen cargamento de mascarillas FFP2 listas para iniciar el viaje hacia la #Antártida en esta complicada campaña. En unas horas nos ponemos en camino.



Antártida UAH y OTRI Univ. de Alcalá

5

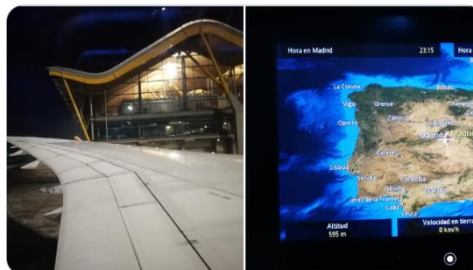
9

43



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ene.

Pasados los múltiples trámites aeroportuarios, iniciamos el largo viaje hacia la #Antártida desde un aeropuerto con muchísima nieve dejada por la tormenta #filomena. ¡Vamos allá!



Antártida UAH y OTRI Univ. de Alcalá

4

6

36



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ene.

¡Primer salto hecho! Tras más de 13 horas de viaje atravesando océano y continente, ya hemos pasado todos los controles sanitarios, policiales y aduaneros en #SantiagoChile. Ahora nos preparamos para el siguiente salto hacia #PuntaArenas en cuestión de una hora.



Antártida UAH y OTRI Univ. de Alcalá

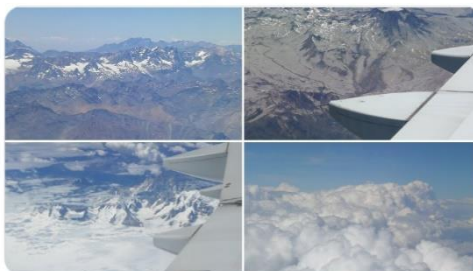
3

17



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ene.

Y segundo salto completado sobrevolando la cordillera andina. Ya estamos en #PuntaArenas y comenzamos la cuarentena de 16 días frente al covid-19, antes de poder embarcar en el #BOSarmientodeGamboa @utm\_csic para ir a la #Antártida.



Antártida UAH y OTRI Univ. de Alcalá

1

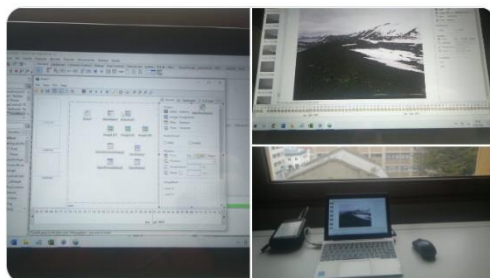
5

23



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 16 ene.

Cuarentena-día 1: hoy organizando la agenda y el trabajo para los días de confinamiento en #PuntaArenas, y programando un software para el análisis de las imágenes que toman nuestras cámaras automáticas en la #Antártida. Un sábado de trabajo con "vistas" al canal de Magallanes



2

4

29



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 18 ene.

Cuarentena-día 2: mañana configurando las sondas de temperatura que hemos fabricado para una de nuestras estaciones en #islaDecepción. Tarde trabajando en nuestro prototipo de cámara timelapse basada en #ESP32CAM que usaremos por primera vez esta campaña.



Antártida UAH y 2 más

1

2

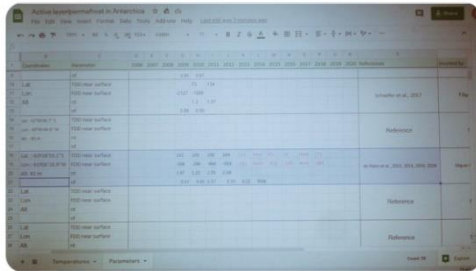
18





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 19 ene.

Cuarentena-día 4: mañana de trabajo en gestión académica, y tarde ☀️ recopilando datos publicados de nuestra estación en [#penínsulaByers](#), [#islaLivingston](#) de [#Antártida](#), para un trabajo de síntesis del estado del [#permafrost](#) antártico coordinado por nuestro colega [@filip\\_hrbacek](#) 🇨🇪

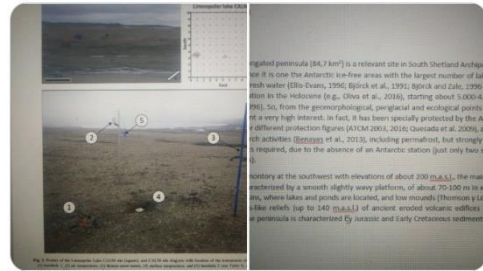


Antártida UAH y 2 más

1 13

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 ene.

Cuarentena-día 6: 🇺🇦 ☀️ día dedicado a hacer ciencia... escribiendo el primer borrador de la parte correspondiente a [#penínsulaByers](#) de la [#islaLivingston](#) 🇨🇪 para el trabajo de síntesis sobre el estado del [#permafrost](#) antártico que coordina nuestro colega [@filip\\_hrbacek](#) 🇨🇪



Antártida UAH y OTRI Univ. de Alcalá

1 4 16

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 20 ene.

Cuarentena-día 5: hoy revisando los manuales, software y cables de los instrumentos de los colegas [@gtvieira](#) y [#MFarzadian](#), de [@polar2e](#) [@polar\\_zephyrus](#) [@ULisboa](#), con quienes también hemos tenido una teleconferencia para coordinar el mantenimiento de sus estaciones de [#permafrost](#)

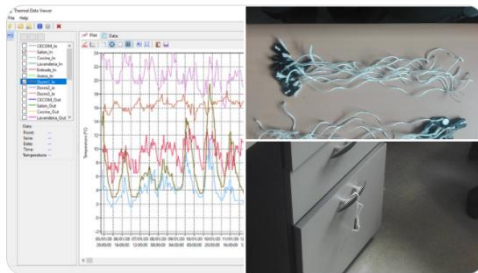
6

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 22 ene.

Cuarentena-día 7: 🇺🇦 ☀️. Terminado el borrador de la sección de [#penínsulaByers](#) 🇨🇪 del trabajo sobre [#permafrost](#) antártico. Con esto termina la primera semana de cuarentena y con ella una larga lista de tareas, mientras disfrutamos (desde la ventana) de un soleado día de verano.

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 23 ene.

Cuarentena-día 8: 🇺🇦 ☀️ Procesando los datos de temperatura, tomados durante dos meses y medio en la pasada campaña, dentro y fuera (debajo) de la [#BAEGdC](#) @Antartica\_ET en [#islaDecepcion](#) 🇨🇪, para estudiar el efecto de la infraestructura en los suelos congelados de la zona.

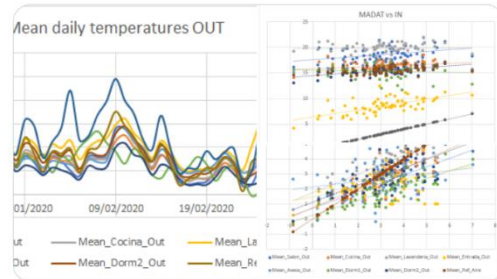


Antártida UAH y 2 más

1 1 25

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 24 ene.

Cuarentena-día 9: 🇺🇦 ☀️ Continuamos el análisis de los datos de temperatura dentro y fuera (debajo) de la [#BAEGdC](#) en [#islaDecepcion](#) 🇨🇪, mientras en [#PuntaArenas](#) se alternan el sol, las nubes y la lluvia en un día de verano.

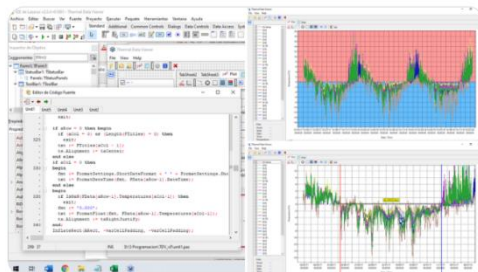


Antártida UAH y 4 más

6 16

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 28 ene.

Cuarentena-día 13: 🇺🇦 🐞 Picando código con [lazarus-ide.org](#) para mejorar la programación y añadir funcionalidades a nuestro software para la visualización de datos térmicos 📈 de los instrumentos de las estaciones que tenemos en la [#Antártida](#) 🇨🇪 para estudiar el [#permafrost](#).

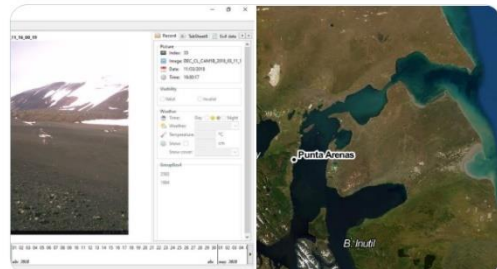


Antártida UAH y OTRI Univ. de Alcalá

1 4

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 30 ene.

Cuarentena-día 14+1: 🇺🇦 ☀️ Mejorando la programación del software para el análisis de imágenes de las cámaras fenomenológicas instaladas en nuestras estaciones antárticas 🇨🇪 "PhenoCam Image Viewer", con la buena noticia de PCR negativa que nos permite hacer campaña. Ya queda menos



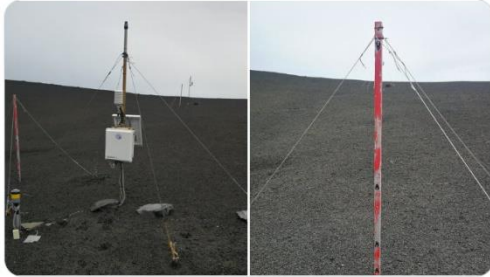
Antártida UAH y 4 más

1 11





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 10 feb. ...  
 #islaDecepción - día 3: 📡📡 tras terminar el volcado de datos ya de madrugada, hoy se han vuelto a programar e instalar los sensores de temperatura para que tomen datos un año más, continuando así una serie temporal que cumple ahora 15 años en el estudio del #permafrost @otriuah



Antártida UAH y 4 más

1 8 33

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 11 feb. ...  
 #islaDecepción - día 4: 📡📡 gracias al apoyo de investigadores de @Pimetan\_1 y miembros de la dotación de @Antartica\_ET, hoy se ha realizado las medidas del espesor de la capa activa en la zona de estudio en Crater Lake, bajo una densa niebla. Una tarea más completada. Seguimos.

1 4 14

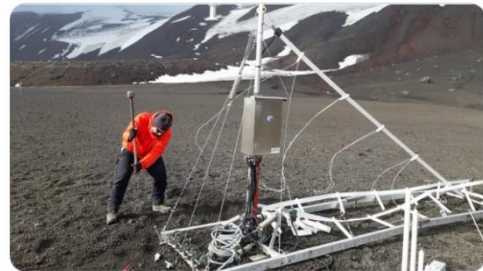
**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 feb. ...  
 #islaDecepción - día 5: 📡📡 dedicado a realizar servicio de apoyo "doméstico" en #BAEGdC: poner y quitar la mesa, limpieza de vajilla, pasar el aspirador de todo el módulo de vida, fregar, limpieza de aseos, ayudar al cocinero... Y en los huecos disponibles: organizando datos.



Antártida UAH y Campaña Antártica ET

2 4 46

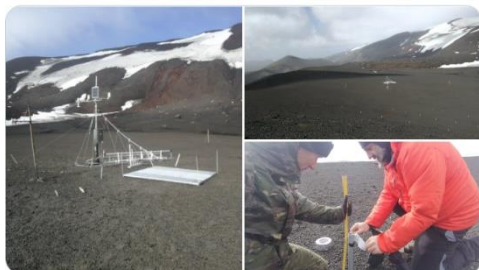
**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 feb. ...  
 #islaDecepción - día 6: 📡📡 a pesar de los fuertes vientos y la intensa lluvia horizontal, con ayuda del jefe de #BAEGdC @Antartica\_ET, se ha puesto a punto la estación nivométrica dañada, y se han preparado para la invernada todos los demás instrumentos en Crater Lake.



Antártida UAH y Campaña Antártica ET

9 33

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 feb. ...  
 #islaDecepción - día 7: 📡📡 continuando el mantenimiento de las estaciones de Crater Lake: sellando sondeos y calibrando la estación nivométrica, que ha quedado perfectamente lista, a pesar de los daños que sufrió.



4 17

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 feb. ...  
 #islaDecepción - día 8: 📡📡 cooperación internacional, hoy con @Antartica\_ET manteniendo las estaciones de control del #permafrost de los colegas 🇪🇸 @gtvieira @ULisboa\_ @polar2e @polar\_zephyrus @ceg\_igot y las estaciones meteo de @ange\_casanova 🇲🇪 que no han podido hacer campaña



Antártida UAH y Campaña Antártica ET

2 10 29

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 16 feb. ...  
 #islaDecepción - día 9: 🌧️🌨️🌨️ El mal tiempo nos mantiene en la base realizando trabajos de gabinete: organización y depuración de datos, copias de seguridad...y preparando las actividades de los siguientes días, mientras el #BOSarmientodeGamboa @utm\_csic vuelve a puerto Foster.



Antártida UAH y 3 más

🗨️ 5 ❤️ 22 ↗️

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 17 feb. ...  
 #islaDecepción - día 10: 🌨️🌨️🌨️ mañana dedicada a la preparación y programación de sensores para instalar en algunos días más en #islaLivingston. Por la tarde cerrando algunas de las estaciones para la invernada en Crater Lake.



Antártida UAH y Campaña Antártica ET

🗨️ 4 ❤️ 16 ↗️

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 18 feb. ...  
 #islaDecepción - día 11: 🌨️🌨️🌨️ un día en el que por fin hemos visto el sol una horas en las que tampoco ha soplado el viento. Hemos aprovechado para terminar el mantenimiento de las estaciones y hacer un experimento de alcance de radiofrecuencias con LORA de @Ea4Rku en Crater Lake



Antártida UAH y 2 más

🗨️ 1 ↻️ 5 ❤️ 18 ↗️

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 20 feb. ...  
 #islaDecepción - día 12: 🌨️🌨️🌨️ A pesar de las malas condiciones del mar y la meteo, con ayuda de investigadores de @univcadiz y de la dotación de #BAEGdC @Antartica\_ET, hemos hecho las últimas actividades de mantenimiento de las estaciones de #permafrost de nuestros colegas 🇪🇸



Antártida UAH y 8 más

🗨️ 9 ❤️ 51 ↗️

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 feb. ...  
 #islaDecepción - día 14: 🌨️🌨️🌨️ por la mañana han quedado preparados todos los sensores que se instalarán en #islaLivingston en unos días, y, por la tarde, aprovechando una ventana entre nevadas, realizando un estudio termométrico mediante fotografías térmicas en Crater Lake.



Antártida UAH y 4 más

🗨️ 1 ↻️ 5 ❤️ 23 ↗️

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 22 feb. ...  
 #islaDecepción - día 15: 🌨️🌨️🌨️ con la isla nevada, y finalizadas las actividades, aprovechamos el día para volver a empaquetar todo el material científico que hemos traído para el mantenimiento de nuestras estaciones y la medición de la capa activa, entre otras medidas realizadas.



Antártida UAH y 2 más

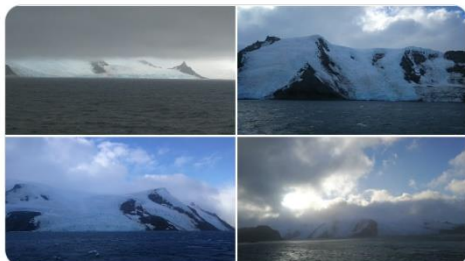
🗨️ 3 ❤️ 16 ↗️





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 28 feb.

Navegación-día 3: 🇵🇪 🇨🇱 🇨🇦 🇨🇦 A bordo del #BOSarmientodeGamboa @utm\_csic navegamos desde la #islaLivingston hasta #islaReyJorge, por el Mar de Bransfield, a socaire de las Shetland del Sur, esperando una ventana para lanzarnos a cruzar el mar de Hoces en las condiciones menos malas



Antártida UAH y 9 más

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 1 mar.

En la mar-día 4: 🇵🇪 🇨🇱 🇨🇦 🇨🇦 Capeando el temporal en la Bahía del Almirantazgo de #islaReyJorge de las Shetland del Sur. Ya está cerca el día menos malo para comenzar a cruzar el mar de Hoces. Mientras tanto, disfrutando de los #glaciares que caen en cascada a la bahía.



Antártida UAH y 9 más

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 3 mar.

En la mar-día 5: 🇵🇪 🇨🇱 🇨🇦 🇨🇦 último día de espera, navegando con el #BOSarmientodegamboa @utm\_csic por las bahías del SE de #islaReyJorge. Pasamos el día arranchando los bártulos personales a son de mar, pues esta misma noche nos lanzamos al mar de Hoces con olas de 4m. ¡Allá vamos!

2 7 30

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 4 mar.

Navegación-día 6: 🇵🇪 🇨🇱 🇨🇦 🇨🇦 desde la pasada noche nos encontramos navegando en el #BOSarmientodeGamboa @utm\_csic rumbo nor-noroeste en demanda de Punta Arenas 🇨🇱 en el que es el último cruce del mar de Hoces por esta campaña. Ya a punto de salir de territorio antártico

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 4 mar.

Navegación-día 7: 🇵🇪 🇨🇱 🇨🇦 🇨🇦 seguimos navegando, ya fuera del territorio antártico, hacia Punta Arenas 🇨🇱 con mucha mar de fondo y olas de 4 metros, pero a ratos tenemos alguna tregua en la que hasta sale el sol y podemos disfrutar de las vistas del mar de Hoces. Ya queda menos.



Antártida UAH y 9 más

2 9 36

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 5 mar.

Navegación-día 8: 🇵🇪 🇨🇱 🇨🇦 🇨🇦 ya hemos dejado atrás el mar de Hoces y ahora navegamos por el océano Atlántico cerca de Tierra del Fuego, con proa hacia la entrada del Canal de Magallanes. Con menos olas y el día medio despejado podemos disfrutar del vuelo de los petreles y albatros



Antártida UAH y 9 más

10 39

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 7 mar.

Navegación-día 9: 🇵🇪 🇨🇱 🇨🇦 🇨🇦 Último y ventoso día de navegación en el #BOSarmientodeGamboa por el canal de Magallanes, para terminar, ya de noche, amarrando en el deseado puerto de Punta Arenas. Así termina la aventura antártica y comenzamos el complejo viaje de vuelta a casa 🇪🇸.



Antártida UAH y 9 más

1 7 60

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 7 mar.

🇨🇱 🇪🇸 Primer día en el camino de vuelta a casa 🇪🇸. Hoy descansando en una fantasmal ciudad de Punta Arenas con toque de queda durante el fin de semana debido a la pandemia de #covid19. Mientras, aprovechando a hacer copias de seguridad de datos, organizar fotos...



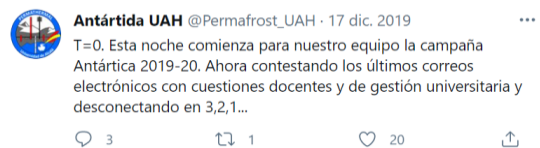
Antártida UAH y 9 más

1 5 34





## (2) CAMPAÑA ANTÁRTICA 2019-2020





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 19 dic. 2019

Acabó esta parte del viaje y por fin estamos (un año más) en Punta Arenas, Chile, tras un vuelo tranquilo paralelo a los Andes, sus volcanes, glaciares y nubes. Desde aquí saldremos en avión hacia la Antártida el sábado, si la meteo y otros factores lo permiten.



1 11



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 dic. 2019

Tras un vuelo de 2h desde Punta Arenas sin novedades cruzando el Mar de Hoces, hemos llegado a las 9 de la mañana a la isla Rey Jorge. En la costa ya nos esperaba la embarcación para llevarnos al #BIOHespérides. Ahora navegamos con un poco de ventisca rumbo a las bases españolas.



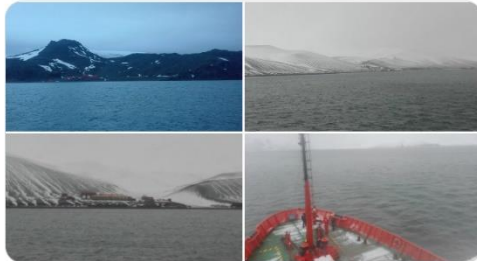
Unidad de Tecnología Marina (UTM-CSIC) y 2 más

2 7 34



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 22 dic. 2019

Finalmente, tras una parada de madrugada en la BAE Juan Carlos I, en la #islaLivingston, llegamos a la #islaDecepción y fondeamos bajo una intensa nevada frente a la BAE Gabriel de Castilla. En breve se iniciará la descarga de material para poder realizar la apertura de la base.



15 52



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 24 dic. 2019

Tras un día de tempestad de viento, a las 19h se iba calmando, desencadenándose una actividad frenética para continuar la descarga y apertura de la #BAEGdC. Por fin a las 22h dejamos el #BIOHespérides que tan bien nos ha tratado y nos acomodamos en la base, listos para trabajar.



Unidad de Tecnología Marina (UTM-CSIC) y Armada Española

1 8 34



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 24 dic. 2019

Arrancamos el primer día de trabajo colocando el material científico y empezando a reparar y reinstalar el primer experimento: una radiobaliza en HF... ¿quién nos escucha?

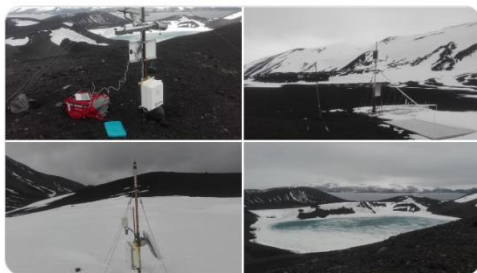


5 11 39



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 25 dic. 2019

¡¡¡FELIZ NAVIDAD!!! Nosotros lo celebramos trabajando en la zona de Crater Lake. Primera visita a la zona de estudio para hacer un reconocimiento general de la instrumentación y constatar los daños que ha causado el invierno: algunos importantes, pero en general bastante bien.



2 12 62





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 26 dic. 2019

Hoy ha tocado empezar la reposición de sensores. Con la ayuda de la responsable de medioambiente de #BAEGdC, hemos recuperado un pequeño regimiento de 150 sensores de temperatura de 13 termovivómetros. Esta tarde toca volcado de todos los datos que han tomado en 2019.



7 24



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 27 dic. 2019

Primer experimento con éxito: tras instalar y ajustar estos días una antena HF para el envío de una radiobaliza, ya tenemos quien nos ha escuchado al otro lado del Mar de Hoces, en tierra del fuego, a casi 1000km de distancia. No es mucho pero es un buen comienzo. Gracias @Ea4Rku



2 13 50



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 27 dic. 2019

De nuevo en Crater Lake, esta vez para reparar una antena y reinstalar los sensores recuperados ayer, tras descargar los datos y reprogramarlos. A mediodía ha levantado un poco la nubosidad y hemos podido ver la sublimación en los oscuros suelos piroclásticos de la isla.



10 35



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 28 dic. 2019

A pesar de la fuerte ventisca que te clavaba en la cara los copos de nieve, y hasta caminar se hacía difícil, en la mañana de hoy se han recuperado, con ayuda del jefe de la #BAEGdC, otro centenar más de sensores de temperatura e instalado algunos de los recuperados ayer.

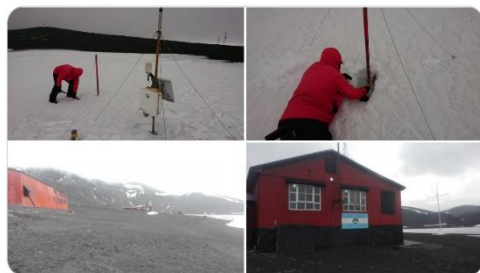


4 20



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 30 dic. 2019

Ayer por la mañana tocó recoger e instalar los últimos sensores en la zona de Crater Lake, con la ayuda del médico de la #BAEGdC @Antartica\_ET. Por la "noche" fuimos a cenar a la vecina base argentina Decepción. Una base instalada en 1948, y superviviente de varias erupciones.



1 9 57



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 30 dic. 2019

Primero bajo unos tímidos rayos de sol, pero el resto del día bajo una fina y continua llovizna, se han tomado 60 medidas de humedad y de transmisividad térmica del suelo. Estos datos los usaremos para modelizar la evolución de las temperaturas de la capa activa y el #permafrost.

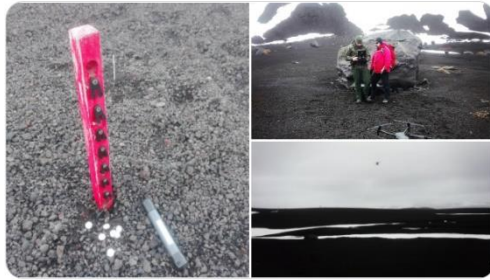


7 22



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 3 ene. 2020

Ayer fue un día intenso, con la programación e instalación de los últimos sensores de temperatura para la zona de Crater Lake. Por la tarde, de regreso allí, se realizó un primer vuelo con el dron de la @BAEGdC @Antartica\_ET con cámara óptica e infrarroja. Fue un éxito de prueba.



Campaña Antártica ET

11 59



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 4 ene. 2020

Esta fase de campaña se va acabando. Ayer por la mañana tocaba bricolaje... cargado de herramientas y material de ferretería, se realizaron las reparaciones de las estaciones, especialmente vientos y tensores. Algunos llevaban 12 años expuestos a la duras condiciones antárticas.

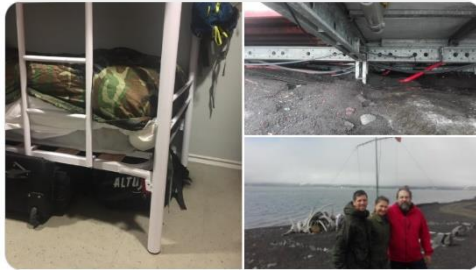


3 16



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 5 ene. 2020

Aprovechamos el último día de trabajo para diseñar e instalar un experimento con @Antartica\_ET para la medida de temperaturas en la #BAEGdC y bajo ella, que permita evaluar la eficiencia energética del módulo principal de la base, y analizar su efecto en el #permafrost.



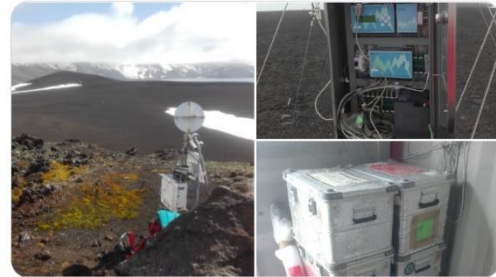
Antártida UAH y Campaña Antártica ET

4 29



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 5 ene. 2020

Tras el mantenimiento de las estaciones hecho ayer, hoy se ha procedido al último volcado de datos de las estaciones automáticas, y al sellado de las mismas para que sobrevivan un año más. Con esto hecho, ya solo quedaba, por la tarde, cerrar las cajas de material científico.



1 9 32



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 6 ene. 2020

Ya empaquetado el material para su traslado al #BIOHespérides, aprovechamos estas últimas horas en #BAEGdC para sellar, en su estafeta postal, como ya hicimos en el buque, los sobres con sellos de nuestro proyecto, y otros de los amigos de la Sociedad Española de Filatelia Polar



Campaña Antártica ET

3 7 27



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 7 ene. 2020

Segundo último día en #BAEGdC. Esta mañana ayudamos a investigadores de la Universidad de Cádiz, que controlan la actividad volcánica de la #islaDecepción a través de su deformación topográfica, con el transporte de baterías a algunas de sus estaciones en varios puntos de la isla



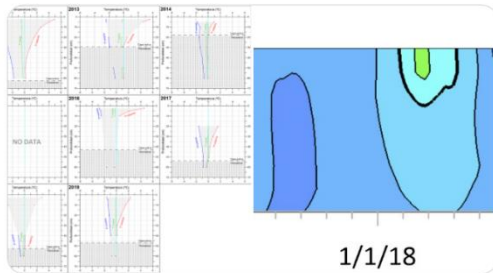
2 12 47





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 8 ene. 2020

Tercer último día en [#BAEGdC](#) (el [#BIOHespérides](#) ya viene hacia aquí), que se aprovecha para el tratamiento de los datos de temperatura dentro del estudio que desarrollamos sobre el efecto de la base en el permafrost local, y su implicación en la estabilidad de la propia base.



4 12



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 9 ene. 2020

Finalmente, a las 1:30h dejamos la [#BAEGdC](#) @Antartica\_ET, y embarcamos en el [#BIOHespérides](#) @utm\_csic @Armada\_esp, rumbo a [#islaLivingston](#), terminando así esta fase de campaña. GRACIAS a toda la XXXIII dotación de [#BAEGdC](#) por vuestra inestimable ayuda y amistad. ¡Buena campaña!



4 15 40



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 9 ene. 2020

... y finalmente, llegada a Bahía Sur, en [#islaLivingston](#), frente a la [#BAEJCI](#), entre algunos grandes hielos. Desembarcamos a la 7:30h con aguas y viento en calma... y comienza la segunda fase de esta campaña.



5 14



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 10 ene. 2020

Finaliza el primer y largo día en [#BAEJCI](#) @utm\_csic, con el reencuentro con la dotación de la base y colegas científicos. Se dedica el día a establecerse en la base, a desempaquetar el material científico en el módulo laboratorio, y a preparar los primeros sensores para mañana.



3 5 34



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 11 ene. 2020

Primer día de trabajo en [#islaLivingston](#), ascendiendo al Monte Reina Sofía (275 m.), a recuperar los primeros datos de nuestras estaciones... muy muy muy poca nieve, y tiempo calmado que nos ha dejado vistas increíbles. Por la tarde, de vuelta en [#BAEJCI](#), toca programar sensores.

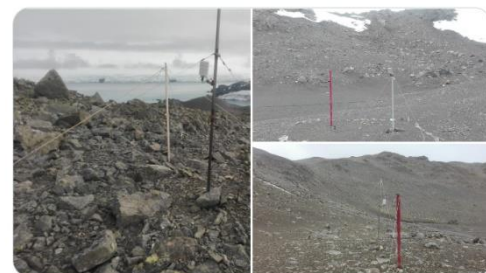


10 50



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 11 ene. 2020

Hoy se ha realizado la reposición de sensores de gran parte de las estaciones TSP localizadas en los alrededores de la [#BAEJCI](#), no observándose grandes problemas en las estructuras, que ya habían sido revisadas por los técnicos de montaña de la base @utm\_csic hace unas semanas.



7 32



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ene. 2020

Esta mañana se han recuperado los últimos sensores de la zona, mientras @SBarnuevo realizaba un reportaje para @rne sobre el #permafrost. Ha sido un placer colaborar para divulgar el interés y la importancia de este elemento de la criosfera tan poco conocido. ¡Gracias @SBarnuevo!



5 27



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ene. 2020

Comienza la cuenta atrás para la apertura del campamento Byers, al otro extremo de la #islaLivingston. Este año será un campamento express y muy ligero, lo que ha obligado a reducir al máximo el material científico y personal. Esta tarde ha tocado prepararlo: todo en una mochila.



1 8 34



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ene. 2020

Mal día en la oficina: el registrador de datos se resiste a devolvernos los datos almacenados esta pasada invernada. Todo apunta a que se han perdido los datos, y es la estación más importante que tenemos. La semana que viene cambiaremos toda la electrónica para sus repuestos.



6 12 50



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ene. 2020

En respuesta a @Permafrost\_UAH

Con un té caliente y paciencia, ya estamos preparando el repuesto para que mida los datos de temperatura en la perforación de 25 m que tenemos en la cima del Monte Reina Sofía de la #islaLivingston, la más profunda para el estudio del #permafrost en este sector de la Antártida.



5 22



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ene. 2020

En pocas horas comenzamos el viaje hacia la península Byers, al otro extremo de #islaLivingston. En embarcación, moto de nieve y caminando, llegaremos hasta a Zona Antártica Especialmente Protegida, cuyos paisajes nos recuerdan a Marte, y donde tenemos una de nuestras estaciones.

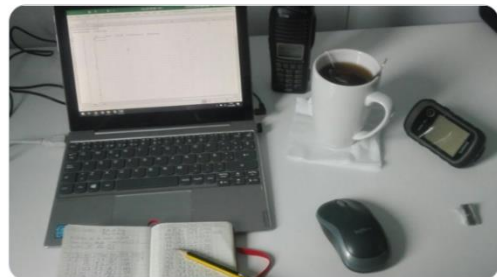


3 17 45



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 ene. 2020

Tras limpiar y ordenar el material y los instrumentos científicos que se han llevado al #campamentoByers, hoy tocaba pasar a limpio (con un té caliente y paciencia para teclear centenares de números) todos los datos del cuaderno de campo para tener una copia segura en digital.



1 2 33



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 22 ene. 2020

Esta mañana, con la ayuda de Pablo, guía de montaña @utm\_csic, y Damián @ORCA\_uah, y con la atenta mirada de @SBarnuevo y @Xavi\_Fonseca, se ha cambiado el registrador de datos del sondeo de 25 metros que dio problemas la semana pasada y hemos aprovechado para renovar otras cosas.





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 22 ene. 2020

...

En respuesta a @Permafrost\_UAH

Y esta tarde ya tenemos todo listo en el laboratorio de la #BAEJCI para someter al registrador de datos al tercer grado hasta que nos confiese los datos de 2019... con herramientas, de izquierda a derecha, más finas y apropiadas, a las más rudas y contundentes... ¡CONFIESA!



2

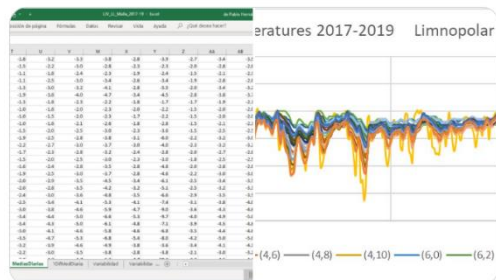
5

14



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 24 ene. 2020

Menos de una semana de finalizar las actividades en #islaLivingston, hoy se ha seguido con el tratamiento inicial de algunos de las decenas de Gbs de datos recuperados de los sensores en las últimas semanas: recopilación, cambios de formato, depuración, filtrados, estadísticas...



2

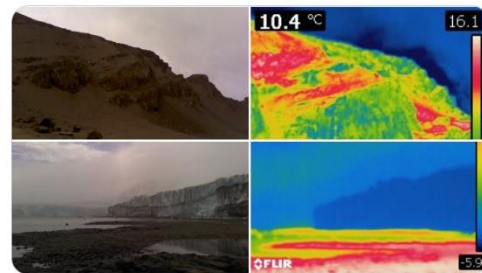
10



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 24 ene. 2020

...

Mientras dejamos que la estación situada en la cima del Monte Reina Sofía tome los primeros datos antes de comprobar que las modificaciones que hicimos anteayer funcionan perfectamente, hoy hemos estado en Punta Hannah, haciendo pruebas con la cámara térmica.



7

30



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 25 ene. 2020

¡FUNCIONA! El cambio en la electrónica ha sido realizado con éxito, y ya tenemos de nuevo el sistema armado y funcionando para la toma de datos de nuestro sondeo de 25 m, el más importante para el estudio del permafrost que hay en esta región antártica. Listo para un nuevo año.



13

48



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 27 ene. 2020

...

Iniciamos la cuenta atrás para el final de la campaña. Hoy ha tocado día de servicio en la #BAEJCI, lo que se ha aprovechado para hacer el macuto y empaquetar todo el material científico y dejarlo listo para que #BIOHespérides lo transporte a Cartagena dentro de un par de meses.



1

11



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 28 ene. 2020

Ultimos minutos en [#BAEJCI](#) en [#IslaLivingston](#). El [#BIOHespérides](#) ya está entrando en Bahía Sur para recogernos y llevarnos hasta la isla Rey Jorge, donde el Jueves (en principio) deberíamos tomar un vuelo de salida de la [#Antártida](#). Comenzamos así el largo camino de vuelta a casa

6 5 32

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 29 ene. 2020

¡Arrancamos máquinas y llevamos ancla! Poco a poco el [#BIOHespérides](#) va ganando velocidad en esta tarde ventosa y lluviosa, y vamos dejando atrás la [#BAEJCI](#) mientras ponemos rumbo a la isla Rey Jorge, con más de 12 Gb de datos y una inolvidable experiencia en la Antártida.



Unidad de Tecnología Marina (UTM-CSIC) y 2 más

2 4 42

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 29 ene. 2020

Tras pasar la noche navegando, amanecemos frente a la isla Rey Jorge, en un día ventoso, pero soleado, que nos regala unas buenas vistas en el penúltimo día en la [#Antártida](#) de esta campaña. Mientras, en el [#BIOHespérides](#) aprovechamos para seguir procesando algunos de los datos.



1 4 39

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 30 ene. 2020

A media mañana dejamos atrás al [#BIOHespérides](#) (que nos ha tratado de maravilla), desembarcamos en la isla Rey Jorge, y finalmente tomamos el vuelo de salida de la [#Antártida](#) con la satisfacción del trabajo hecho, y la pena de abandonar este remoto e increíble rincón del planeta.



3 7 42

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 31 ene. 2020

La aventura antártica ha llegado a su fin. Tras un vuelo turbulento de dos horas, en el que hemos cruzado el Mar de Hoces por las alturas, a primera hora de la tarde hemos llegado a un ventoso y soleado Punta Arenas.



1 9 37

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 7 feb. 2020

Y a casa... dejamos Ushuaia con las primeras luces del día y un gallo cantando. Mañana ya en Madrid.



4 1 27



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 7 feb. 2020

Primer salto listo: Ushuaia—Buenos Aires. Tras unas horas en una tórrida mañana de verano porteño, vamos a por el segundo y definitivo salto: Buenos Aires — Madrid. ¡Hasta otra!



1



12



### (3) BASES Y CAMPAMENTOS



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ene. 2020

Byers es un lugar siempre expuesto a las más duras y cambiantes condiciones meteorológicas, batido por los vientos del norte procedentes del Mar de Hoces, o del Sur desde la Antártida. Donde siempre hace frío, viento y humedad y donde entrar en calor es ciencia ficción.



2



10



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ene. 2020

El campamento Byers está constituido por dos iglús de fibra de vidrio, uno habilitado como laboratorio y zona de trabajo, y otro como área de vida, con lo mínimo para sobrevivir: un fuego para cocinar, unos tanques para filtrar el agua de un arroyo, y una mesa para comer/trabajar



2



12



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ene. 2020

Su alto nivel de protección se debe a la presencia de numerosos lagos, y la gran abundancia de vida: pingüinos, elefantes y lobos marinos, petreles gigantes, págalos, charranes,... y muchos tapices de microorganismos por cada rincón de la península, pero de aspecto desértico



1

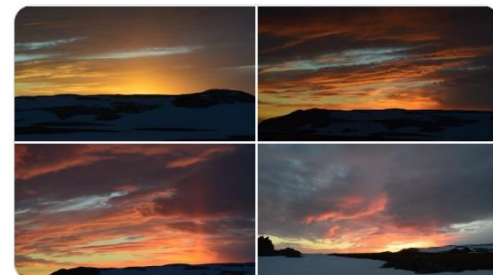


11



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ene. 2020

Es un lugar privilegiado de la más absoluta tranquilidad donde algunas veces el tiempo da un respiro no nos sorprende con increíbles atardeceres donde el cielo se tiñe de fuego.



1



10

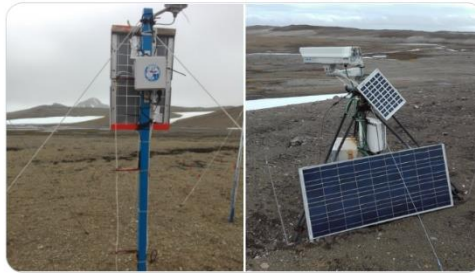






**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ene. 2020

Allí tenemos una de nuestras estaciones para el seguimiento de la temperatura de la capa activa, y para la medida de su espesor. Más de 100 sensores en 12 instrumentos y puntos de medida, y 3 cámaras automáticas, serán nuestro objeto de trabajo esta próxima semana en aquel lugar.



1

4

14



**Antártida UAH**  
@Permafrost\_UAH

Hoy es día de servicio en la base (poner y quitar la mesa, lavar la vajilla, reponer la despensa,...). Aprovechando las horas que pasaremos en la #BAEJCI @utm\_csic, y por petición popular, la vamos a ir presentando tras su reinauguración en 2019 por @astro\_duque [Abro hilo].



Unidad de Tecnología Marina (UTM-CSIC)

4:39 p. m. · 12 ene. 2020 · Twitter Web App

67 Retweets 4 Tweets citados 220 Me gusta



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 ene. 2020

En respuesta a @Permafrost\_UAH

Está compuesta por 10 edificios, 3 de ellos unidos en forma de estrella, formando el módulo de vida en el que se encuentran los dormitorios, cocina, comedor, cámaras frigoríficas, salón, enfermería, sala de radio e informática, despachos, lavandería, gimnasio, depuradora,...



Unidad de Tecnología Marina (UTM-CSIC)

2

9

48



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 ene. 2020

Otro gran edificio es el módulo científico, que contiene laboratorios limpios y sucios, almacenes de material científico, salas de trabajo y reuniones, laboratorio de electrónica, y la oficina de @aemet\_antartida, donde nos preparan las previsiones meteorológicas tan necesarias.



1

8

47



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 ene. 2020

Los otros 6 edificios son auxiliares y contienen la incineradora y compactadora de residuos, talleres mecánicos y de instalaciones, almacenes, generadores de electricidad y calefacción, antena de comunicaciones, y las áreas de navegación y montaña.



3

8

46







**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 ene. 2020

Esta base #ICTSNews permiten la estancia de hasta 51 personas (entre dotación y científicos) para desarrollar proyectos de investigación de muy diverso tipo relacionados con glaciares, permafrost, geomagnetismo, rayos cósmicos, líquenes, microorganismos, climatología,...



Unidad de Tecnología Marina (UTM-CSIC)



15



68



## (4) INICIATIVAS DE DIVULGACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA PANDEMIA

### #YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida #encasa



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 13 mar. 2020

#YoMeQuedoEnCasa pero aprovechamos estos días para enseñaros fotografías de la #Antártida a lo largo de los últimos 12 años que tenemos de registros fotográficos bien clasificados de nuestras campañas para el estudio del #permafrost, en las Shetland del Sur. ¿Empezamos?



Antártida UAH y 4 más



17



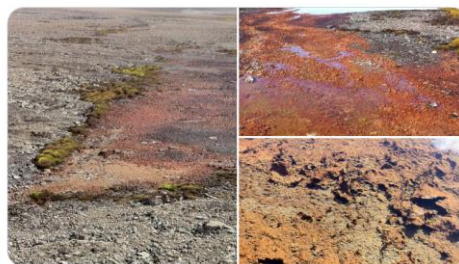
44



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 20 may. 2020

#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Flora: Tapetes microbianos. Asociados a corrientes efímeras, arroyos estacionales, zonas húmedas y lagos, son complejos ecosistemas muy sensibles y condicionados por los cambios en los factores ambientales antárticos (Campaña 2011-12)



Antártida UAH y 8 más



3



16

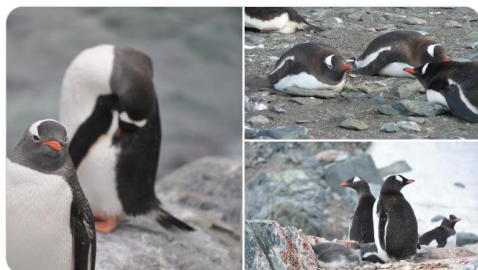


**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 jun. 2020

#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Pingüinos: Papúa. Es reconocible por su cara negra con una mancha blanca y pico rojo. Es el pingüino más rápido en el agua. Se distribuye por las islas subantárticas y la península Antártica (Campaña 2019-10).

[es.wikipedia.org/wiki/Pygosceli...](https://es.wikipedia.org/wiki/Pygosceli...)



Antártida UAH y 5 más



5



19



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 jun. 2020

#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Pingüinos: Macaroni. De unos 50 cm de altura, es reconocible por su cara negra, su robusto pico rojo y, sobretudo, por sus prominentes plumas amarillas en las cejas (Campaña 2011-12).

[es.wikipedia.org/wiki/Eudyptes...](https://es.wikipedia.org/wiki/Eudyptes...)



Antártida UAH y 5 más



1



13





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 16 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Pingüinos: Adelia. Reconocible por su cara negra con un anillo blanco alrededor del ojo, no duda en hacer frente a cualquiera que invada su terreno. Anida en toda la costa e islas antárticas (Campaña 2010-11).

[es.wikipedia.org/wiki/Pygosceli...](https://es.wikipedia.org/wiki/Pygosceli...)



Antártida UAH y 5 más

🗨️ 5 ❤️ 13 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 17 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Pingüinos: La crianza. En verano se forman las colonias de pingüinos en las costas antárticas, donde ponen sus huevos, y crían a los polluelos hasta que mudan sus plumas y se lanzan a las inciertas aguas antárticas (Campaña 2009-10).



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 9 ❤️ 21 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 18 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Pingüinos: Colonias. Cerca de la costa, a veces en lugares imposibles, se agrupan los nidos de pingüinos antárticos, muchas veces hechos de piedrecitas (que se roban unos a otros). Imposible no escuchar el alboroto (Campaña 2010-11).



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 3 ❤️ 13 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 19 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Libre de hielo: Acanilados. No todas las costas de la Antártida y sus islas está cubiertas de hielo. Las grandes pendientes de algunos acantilados quedan al descubierto tras fundirse las nieves del invierno (Campaña 2009-10).



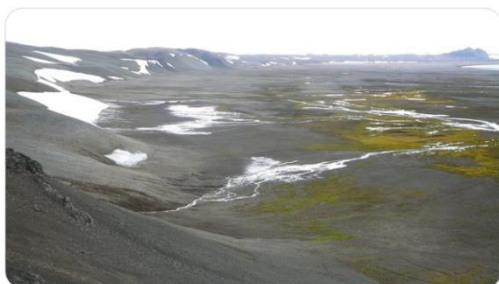
Antártida UAH y 9 más

🗨️ 1 🔄 8 ❤️ 18 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 20 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Libre de hielo: Costas. En algunos lugares los glaciares han retrocedido tras la última era glaciár lejos de la línea de playa, dejando tras de sí, llanuras costeras arrasadas (Campaña 2009-10).



Antártida UAH y 8 más

🗨️ 1 🔄 4 ❤️ 14 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Libre de hielo: Surcos. Al igual que ocurre con los pingüinos en el hielo, los elefantes marinos, cuando se retiran a descansar costa adentro, van marcando, poco a poco, mientras se arrastran, surcos en el terreno (Campaña 2009-10).



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 2 ❤️ 10 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 22 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Libre de hielo: Pavimentos. Cuando el viento se lleva las partículas más finas de los suelos dejando los fragmentos más gruesos, que se van acumulando para formar terrenos empedrados, como las plazas de algunos pueblos (Campaña 2008-09)

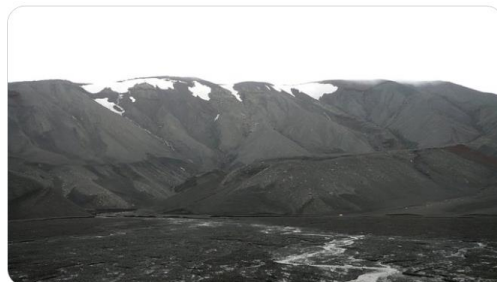


Antártida UAH y 7 más

4 9

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 23 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Libre de hielo: Deshielo. La fusión de las nieves del invierno da lugar a pequeños arroyos estacionales que poco a poco socavan y erosionan el terreno, dejando su marca en el paisaje en forma de torrenteras y valles (Campaña 2008-09).



Antártida UAH y 9 más

2 8

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 24 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Libre de hielo: Laderas. Las rocas de las paredes de las montañas antárticas se van desprendiendo y acumulando poco a poco en las laderas, suavizando las pendientes y creando nuevos relieves mientras otros se destruyen (Campaña 2008-09)



Antártida UAH y 7 más

3 11

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 25 jun. 2020  
#YoMeQuedoEnCasa Recordando la #Antártida.

Libre de hielo: Morrenas. Grandes acumulaciones de sedimentos de todo tamaño arrancados, arrastrados y luego abandonados por los glaciares, ahora bien visibles en las zonas libres de hielo tras la última glaciación (Campaña 2009-10).



Antártida UAH y 8 más

1 2 6

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 7 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

Huellas del pasado: Destrucción. Solo una amasijo de hierros y maderas sobresalen de una base antártica destruida y enterrada como resultado de las erupciones volcánicas en #islaDecepción (1967-1970) (Campaña 2011-12).  
[cutt.ly/soVwdgE](https://cutt.ly/soVwdgE)



Antártida UAH y 9 más

4 11

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 8 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

Huellas del pasado: Al descubierto. De vez en cuando, la erosión nos deja ver restos más o menos conservados de la antigua actividad humana en campamentos que, desde hacía décadas, permanecían enterrados por los sedimentos (Campaña 2017-18).



Antártida UAH y 9 más

3 9



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 10 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

**Lagos: Láminas de agua.** En las zonas libres de hielo, aquí y allá, existen pequeños lagos, normalmente poco profundos, que se alimentan del deshielo y la escorrentía subterránea, y albergan interesantes ecosistemas (Campaña 2018-19).



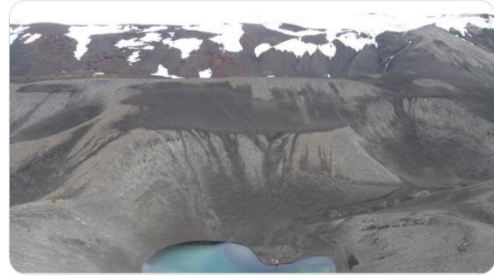
Antártida UAH y 9 más

🗨️ 8 ❤️ 23 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 11 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

**Lagos: Recurso.** Algunos lagos son la fuente de agua durante el verano para algunas bases antárticas situadas en las proximidades, como el lago zapatilla, en el interior de un cráter en #islaDecepción, utilizado en la #BAEGdC (Campaña 2011-12)



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 6 ❤️ 13 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

**Lagos: Morrénico.** Con aguas siempre de color verdoso, se forman entre el frente de un glaciar y las morrenas frontales, que retienen el agua del deshielo. En ocasiones, también se forman entre distintos cordones de morrenas (Campaña 2019-20).



Antártida UAH y 7 más

🗨️ 8 ❤️ 22 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 13 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

**Lagos: Costeros.** Con muy distinto origen, en algunos sitios cerca de la costa se pueden encontrar pequeños lagos, algunos en serio riesgo de desaparecer cuando la erosión costera acabe por abrir un hueco en su orilla (Campaña 2011-12).



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 4 ❤️ 9 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

**Lagos: Charcas.** Pequeñas láminas de agua estacionales que se forman durante el deshielo y que sirven de piscina a los pingüinos, que chapotean en verano lejos de su depredador, que le acecha en el mar: las focas leopardo (Campaña 2016-17).



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 4 ❤️ 9 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

**Lagos: Helados.** Los lagos permanentes se congelan durante el invierno, pudiendo quedar cubiertos de una gruesa capa de hielo y nieve. Durante el deshielo de primavera, algunos lagos crecen mucho antes de volver a su tamaño (Campaña 2017-18).



🗨️ 2 ❤️ 15 ↗️





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 16 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

Ciencia: Lagos. Subglaciares. Ahí escondidos, bajo decenas, centenares o miles de metros de hielo, se encuentran numerosos lagos, algunos de muy grandes dimensiones y aislados desde hace miles de años. Y cada año se descubre nuevos (Campaña 2010-11).



Antártida UAH y 7 más

🗨️ 5 ❤️ 18 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 17 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

Ciencia: Temperatura. Para medir y registrar la Tª del aire y del suelo, se instalan sensores térmicos individuales o en estaciones automáticas que miden durante todo el año resistiendo las duras condiciones antárticas (Campaña 2017-18)



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 1 ↻ 6 ❤️ 20 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 18 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

Ciencia: Imágenes. Observar las variaciones ambientales, las nevadas, el deshielo, cambios en el terreno, la vegetación o la fauna es posible gracias a cámaras fotográficas automáticas que toman imágenes durante todo el año (Campaña 2016-17)



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 1 ❤️ 8 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 19 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

Ciencia: Geofísica. La toma de datos geofísicos durante las campañas, como los de tomografía sísmica, permiten deducir algunas de las características y propiedades del terreno sin afectarlo, ya que son técnicas no invasivas (Campaña 2018-19).



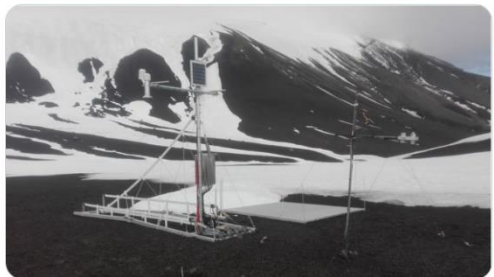
Antártida UAH y 9 más

🗨️ 3 ❤️ 12 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 20 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa Casa con jardín

Ciencia: Nieve. Espesor, densidad, contenido en agua y en hielo, temperatura, peso,... y otras propiedades de la nieve y el ambiente son importantes para entender la evolución de las temperaturas del terreno (Campaña 2019-20).



Antártida UAH y 9 más

🗨️ 2 ❤️ 14 ↗️



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 jul. 2020  
Recordando la #Antártida #encasa 🏠

Ciencia: Sondeos. Perforaciones del terreno que permiten extraer muestras de sedimentos y rocas bajo la superficie. Una vez entubados, se meten sensores en su interior para medir las temperaturas del #permafrost antártico (Campaña 2008-09).

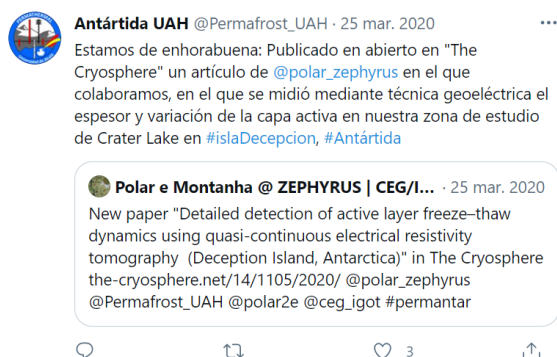
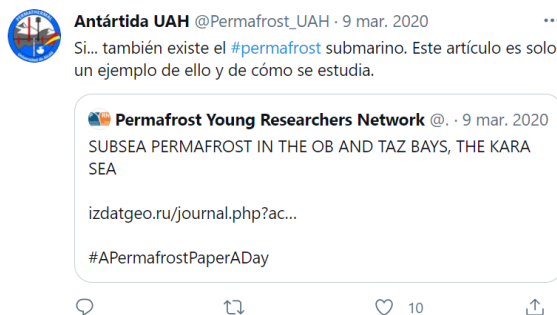


Antártida UAH y 9 más

🗨️ 4 ❤️ 14 ↗️



## (5) RECOMENDACIONES DE TRABAJOS, ARTÍCULOS Y OTRAS PUBLICACIONES

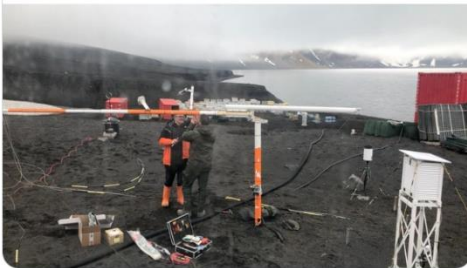


**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 11 abr. 2020

Un resumen muy claro y esclarecedor, de @aemet\_antartida, de la evolución de las temperaturas el pasado verano antártico en las Bases Antárticas Españolas Juan Carlos I @utm\_csic y Gabriel de Castilla @Antartica\_ET, en relación con su evolución histórica, y las causas climáticas.

**AEMET** @AEMET\_Esp · 11 abr. 2020

Resumen climatológico del verano antártico 2020 en las bases antárticas españolas aemetblog.es/2020/04/11/res...



7 14

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 abr. 2020

Estamos de enhorabuena. Se publica online el artículo en el que se presenta la base de datos de temperatura del suelo #SoilTemp, donde colaboramos con los datos de nuestra estación de estudio de los suelos congelados en #penínsulaByers, de la #Antártida.

[onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111...](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111)

1 2 5

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 20 jun. 2020

Una interesante lectura (en inglés) sobre la criósfera de los Andes y su variabilidad.

**EGU Cryosphere** @EGU\_CR · 19 jun. 2020

Extending for almost 8000km along the west of South America, the Andes portray an impressive richness and diversity of cryospheric features. But how is all this variation possible in one place? Read all about it in this week's @EGU\_CR blog post by L. Ruiz! [blogs.egu.eu/divisions/cr/2...](https://blogs.egu.eu/divisions/cr/2...)



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 8 ago. 2020

No os perdáis esta noche el reportaje de @ereija @rtve sobre la creciente degradación del #permafrost ártico, que promete ser muy clarificador sobre la grave situación por la que está pasando el #permafrost, y sus implicaciones locales y para el clima del planeta.

**Érika Reija** @ereija · 7 ago. 2020

Hemos viajado a Siberia y el Ártico ruso para comprobar cómo avanza el derretimiento del permafrost. Es el suelo congelado durante miles de años que hasta hace poco se consideraba perpetuo. Aquí un adelanto del reportaje más amplio que se emitirá mañana en @InformeSemanal 📺 [twitter.com/rtve/status/12...](https://twitter.com/rtve/status/12...)

3 11

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 16 nov. 2020

Un gran documental...

**Campaña Antártica ET** @Antartica\_ET · 15 nov. 2020

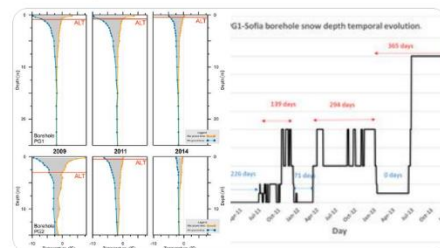
Así es Isla Decepción, el lugar donde se ubica la Base Antártica "Gabriel de Castilla"

Vídeo de unos aventureros moldavos que nos visitaron durante la pasada #CampañaAntartica del @EjercitoTierra. Podrás conocernos un poco más, a partir del min.14 [youtu.be/W8t\\_78D7wIY](https://youtu.be/W8t_78D7wIY)

3

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 dic. 2020

Se acaba de publicar nuestro último trabajo sobre el régimen térmico del permafrost: Transition from a Subaerial to a Subnival Permafrost Temperature Regime Following Increased Snow Cover (Livingston Island, Maritime Antarctic) ##mdpiatmosphere a través de @MDPIOpenAccess



Antártida UAH y 3 más

2 6 17



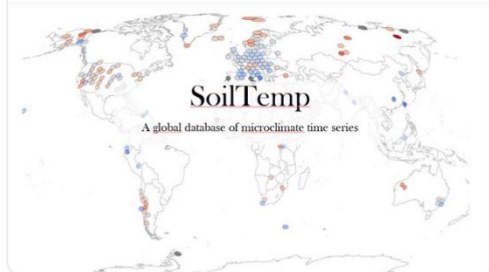
**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 16 dic. 2020

Una síntesis de la importancia de medir la T de la superficie en muchos puntos. Nosotros contribuimos a esta base de datos global con algunos de nuestros datos de la [#Antártida](#). Si tu también tienes datos de cualquier parte del mundo...¡ apórtalos al proyecto! @SoilTemp\_proj

**Jonas Lembrechts** @JLembrechts · 14 dic. 2020

1/n Hi y'all! Who wants to do some VIRTUAL CONFERENCING? Let's all pretend we are at @BritishEcolSoc #BES2020 and I am taking the stage to – enthusiastically – give a lightning talk on the @SoilTemp\_proj! Take a seat, there's room for all and the screen is comfortably large!

[Mostrar este hilo](#)



3

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 30 dic. 2020

Un hallazgo increíble, pero, por desgracia, ha sido posible por la degradación del [#permafrost](#) ártico.

**El secreto de los druidas** @SecretoDru... · 29 dic. 2020

NOTICIA: Sale a la luz el rinoceronte lanudo juvenil (tenía entre 3 o 4 años), mejor conservado hasta la fecha en la zona de Yakutia, con sus órganos internos, incluidos los dientes. Se estima que vivió hace 20.000 y 50.000 años atrás. @Valery Plotnikov

[siberiantimes.com/other/others/n...](#)

[Mostrar este hilo](#)



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 19 ene.

Una presentación de lo más interesante, que concuerda perfectamente con nuestras observaciones en las estaciones de control térmico del [#permafrost](#) en las Shetland del Sur. Si te la perdiste, aún puedes verla en el link.

**Int. Glaciol. Soc.** @igsoc · 18 ene.

Francisco Navarro presented 'Hiatus of mass losses from Hurd and Johnsons glaciers, Livingston Island, during the regional cooling period 2002-2016 of the Northern Antarctic Peninsula' on 13 January 2021 at the IGS global Seminar series [youtu.be/IfO0dJVcbMI](#) via @YouTube

1

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 feb.

¿Queréis saber qué es el permafrost y por qué es importante estudiarlo? ¡Esta es una buena oportunidad!

**Mar Gómez** @MarGomezH · 21 feb.

Esta tarde directo de "Planeta Alerta" en Twitch a las 20h:

Los secretos y riesgos del permafrost.

¿Os lo vais a perder? [twitch.tv/margomezH](#)



1 6 22

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 11 mar.

Sobre los efectos de la degradación del permafrost...

**WWF Arctic Programme** @WWF\_Arctic · 11 mar.

"As long as the world keeps warming, ice buried in the ground [permafrost] will keep melting away 🧊🔥 damaging buildings, roads and railways. [It] could get far worse [...] unless we work out a way to halt or reverse it."

[#ClimateActionNow](#) [#Arctic](#) [bbc.com/future/article...](#)

4

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 19 mar.

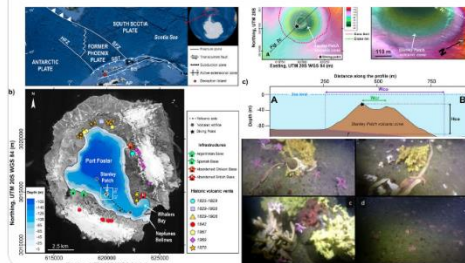
Enhorabuena a todo el equipo. Un trabajo fantástico.

**Carlos** @carangpre · 18 mar.

When you merged together geologists, geographers and marine biologists in an active Antarctic Volcano..., the result is a spectacular multidisciplinary work. @Conxita\_LAB

[@conxita10741575](#)

[sciencedirect.com/science/articl...](#)



4 17





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 22 mar.

Un nuevo artículo sobre [#QUANTARCTICA](#) @norskpolar, una base de datos cartográfica de la Antártida e islas subpolares de distribución gratuita y ya lista para para manejar con @qgis. [npolar.no/quantarctica/](http://npolar.no/quantarctica/)  
Si no la conoces no dejes de leer este trabajo para descubrir su potencial



**Scientific Committee on Antarctic Research** (...) · 22 mar.  
Publication alert!

New open-access paper on Quantarctica in Environmental Modelling & Software: [doi.org/10.1016/j.envs...](https://doi.org/10.1016/j.envs...)  
#Quantarctica is a free package of scientific and geographic datasets for Antarctica.

#Antarctica  
#GIS  
#Mapping



1



4



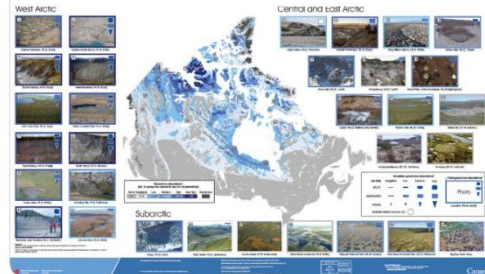
**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 24 mar.

Que trabajo más bonito sobre el permafrost en Canadá...



**H. Brendan O'Neill** @Permafrostee · 24 mar.

Interested in learning a bit about ground ice in #permafrost in Canada? We recently published an atlas that describes conditions in 31 locations across Canada. Thanks to @cpa\_acp members and others for the great photos @LabradorIce @Kirkwood38 @CarlOzyer [doi.org/10.4095/328115](https://doi.org/10.4095/328115)



1



7



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 31 mar.

Un interesante trabajo sobre como los microorganismos juegan un papel muy importante en las emisiones de gases de efecto invernadero en el articulo a medida que se va descongelando el permafrost.



**The Borch Lab** @BorchLab · 31 mar.

This article reemphasizes the importance of the work we are doing in the arctic to better understand the fate of organic carbon as permafrost thaws. @MoniquePatzner @caseycbryce @GeomicroTueb @CarstenWMueller [nature.com/articles/d4158...](https://nature.com/articles/d4158...)



1



9



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 30 mar.

Un sencillo grafico que explica el papel del permafrost en el calentamiento global.



**Guido Grosse** @grosse\_guido · 29 mar.

The permafrost carbon feedback is important in the global climate system. Its role on policy-relevant timescales might be substantial. This new beautiful figure from "Permafrost im Wandel" illustrates the feedback cycle. Thxs to Josefine, @Ju\_\_Le, @JongejansLoeka, @strauss\_jens



3



8



## (6) ¿SABÍAS QUE...?



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 4 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? Permafrost es el suelo/terreno permanentemente congelado (temperatura  $<0^{\circ}\text{C}$  durante, al menos, 2 años). Puede ser seco o humedo (con agua/hielo), y, por su distribución, continuo, discontinuo o esporádico. Para estudiarlo debemos medir la temperatura del suelo.

1

4

15



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 8 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? Para caracterizar y estudiar la evolución del permafrost se mide durante todo el año la temperatura del aire, de la superficie del suelo y la del terreno a distintas profundidades en sondeos tan profundos como sea posible, así como el espesor de nieve



1

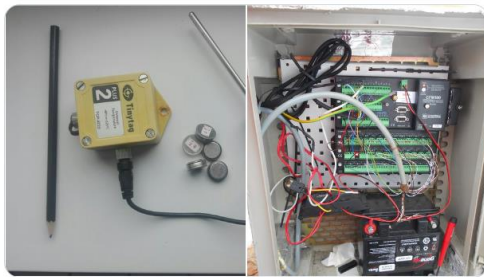
6

18



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 12 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? Medimos la temperatura con distintos tipos de instrumentos de pequeño tamaño **que**, además de los sensores, incluyen la batería y la memoria. Pero también tenemos algunas estaciones con una electrónica más compleja **que** requieren de grandes baterías y paneles solares



1

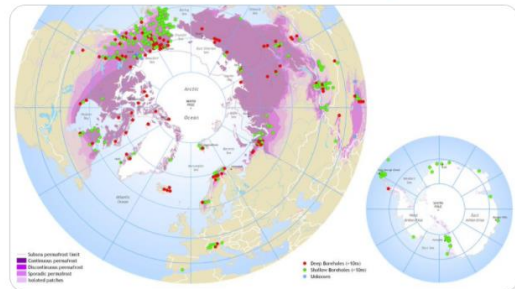
6

13



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 14 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? Nuestras estaciones de permafrost son solo algunas de las **que** existen en la Antártida, muy pocas comparadas con las del resto del planeta. Todo como parte de una red internacional (GTN-P) dentro de la Asociación Internacional del Permafrost [ipa.arcticportal.org](http://ipa.arcticportal.org)



1

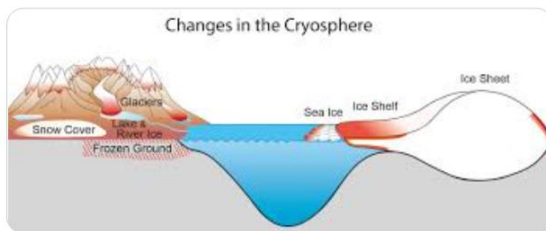
2

8



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 16 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? El permafrost es uno de los elementos clave para el **#CalentamientoGlobal** por parte del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (@IPCC\_CH [ipcc.ch](http://ipcc.ch)). Su degradación afecta a la atmósfera, a los océanos, a los suelos, a la biosfera...



1

2

8



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 17 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? Los científicos de España y Portugal **que** se dedican al estudio del permafrost son muy pocos, y se reúnen cada dos años en el Congreso Ibérico de Permafrost para compartir descubrimientos y métodos. Este año en Junio en Jaca [ipaiberico2019.csic.es](http://ipaiberico2019.csic.es) ¡Allí estaremos!

1

2

6



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 ene. 2019

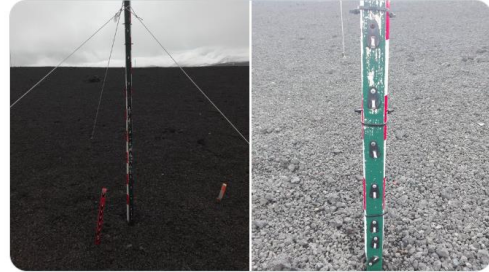
¿SABÍAS QUE...? Para estudiar cómo la nieve afecta a la temperatura del #permafrost instalamos cámaras fotográficas automáticas **que** fotografían nuestras zonas de estudio durante todo el año. Con ello averiguamos cuándo empieza a nevar y cómo evoluciona la capa de nieve.



12 27

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 22 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? En las estaciones GTN—P para el control del #permafrost se mide la temperatura del aire a distintas alturas en un mástil de madera con lo **que** se aproxima el espesor de la nieve a lo largo del año. Un método poco preciso, pero sencillo, muy eficaz y económico.



2 16

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 24 ene. 2020

¿SABÍAS QUE...? Existe una gran cantidad de información sobre la #Antártida de libre disposición en muchos servidores. Uno de esos repositorios **que** no puedes perderte con datos de todos el continente y especialmente preparado para #QGIS, es QUANTARCTICA [quantarctica.npolar.no](http://quantarctica.npolar.no)



14 30

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 29 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? La transmisividad térmica es un parámetro **que** indica la velocidad de transmisión de la temperatura en distintos materiales (suelos, rocas,...). Midiéndolo podemos interpretar mejor los datos de nuestras estaciones y conocer los efectos del #CalentamientoGlobal



10

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 30 ene. 2019

¿SABÍAS QUE...? Sobre el #Permafrost se encuentra la capa activa, **que** se congela y descongela periódicamente y cuyo espesor también se ve afectado por el #CalentamientoGlobal. Para medirlo usamos unos sencillos instrumentos como una cuerda con marcas cada 10 m y una barra de acero



1 1 6

**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 feb. 2019

¿SABÍAS QUE...? Sobre el permafrost (y también donde éste no existe) puede haber suelo estacionalmente congelado llamado Capa Activa. Existe una red internacional de @ipapermafrost para monitorizar la evolución del espesor de la capa activa en las regiones circumpolares (CALM)

9

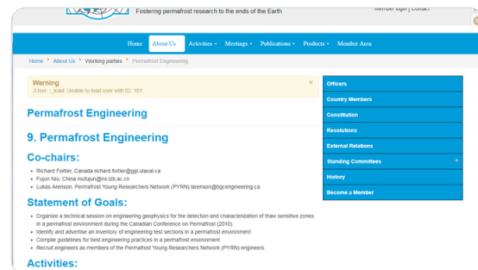






Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 14 may. 2019

¿SABÍAS QUE...? El #permafrost es duro como el hormigón, pero es muy complejo desde el punto de vista ingenieril, ya **que** sus características varían con la temperatura. Por eso en @ipapermafrost hay grupo de trabajo dedicado a apoyar su investigación desde la ingeniería geológica.



2 8



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 10 jun. 2019

¿SABÍAS QUE...? El permafrost húmedo es un material de gran resistencia y dureza, como hormigón armado, **que** puede requerir utilizar martillos neumáticos para poder tomar muestras para su análisis. Su degradación en áreas antropizadas supone un problema ingenieril grave.



Tom Douglas @Thomas\_Douglas · 8 jun. 2019

Collecting #permafrost samples w/ @mildlybasic & 3 other amazing women in northern Alaska. We're studying how soil biogeochemistry changes w/ thaw. I was the only guy & they only made fun of me a little bit...ok a lot... #WomenInSTEM #cryosphere @RobynBarbato



0:18 870 reproducciones 4



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 19 jun. 2020

¿SABÍAS QUE...? El permafrost también se estudia aplicando técnicas geofísicas **que** permiten, detectar su presencia, así como algunas de sus propiedades. En este interesante post (en inglés) lo cuentan muy bien.



EGU @EuroGeosciences · 19 jun. 2020

How can geophysics help monitor mountain #permafrost? By trying to help us learn more about the ice content of the ground!

Coline Mollaret explains in this week's @EGU\_CR #EGUblogs: [egu.eu/0C2YP5/](https://egu.eu/0C2YP5/)



1 8



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 19 jul. 2019

¿SABÍAS QUE...? La capa activa activa, al congelarse y descongelarse de forma repetida, puede contribuir a ordenar las partículas del suelo según su diámetro, dando lugar a suelos poligonales, círculos de piedras, suelos alineados,... como algunos de los **que** hemos podido estudiar

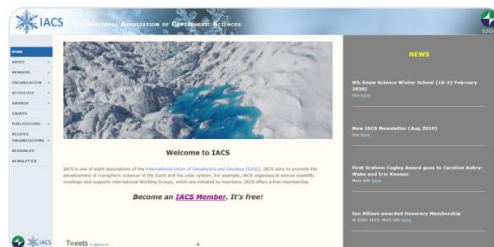


1 7



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 18 sept. 2019

¿SABÍAS QUE...? La Asociación Internacional de Ciencias Criosféricas @iacscryo aglutina a investigadores de muy diversos campos **que** estudian alguno de los componentes de la criosfera, incluyendo el #permafrost. Está asociada a la @ipapermafrost, @Polar\_Research, @PYRN\_official...



1



Antártida UAH @Permafrost\_UAH · 30 ene. 2020

¿SABÍAS QUE...? Las Bases Antárticas Españolas Juan Carlos I y Gabriel de Castilla, y el #BIOHespérides son parte de las Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS) de España. @utm\_csic @Antartica\_ET @Armada\_esp @EjercitoTierra #ICTSNews @AgInves

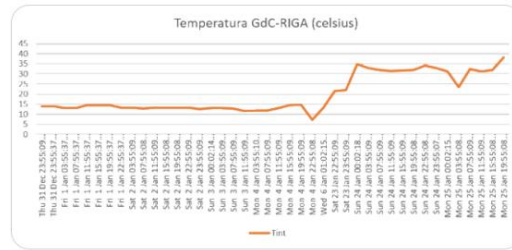


1 18 77



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 28 ene.

¿Sabías que en la BAE Gabriel de Castilla @Antartida\_ET en #islaDecepción tenemos un dispositivo que permite el acceso remoto a los datos de uno de nuestros sondeos durante la invernada?. Se llama RIGA y con él, por ejemplo, se ve claramente el momento en que se abrió la base.



1

4

12

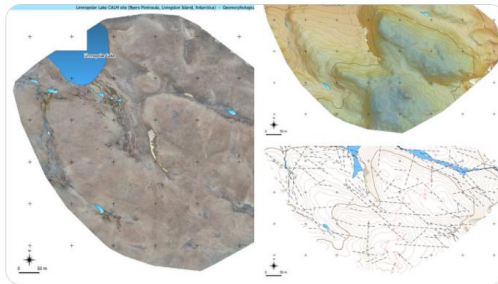


## (7) INVESTIGANDO LA ANTÁRTIDA



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 13 abr. 2020

Terminamos este periodo no lectivo mostrando nuestros avances con los datos de dron tomados por Gabriel Goyanes (del equipo de @ppina\_@gtvieira) de nuestra zona de estudio en #penínsulaByers #Antártida. Ya están integrados en @qgis y empezamos la cartografía geomorfológica.



Polar e Montanha @ ZEPHYRUS | CEG/IGOT - ULISBOA y 5 más



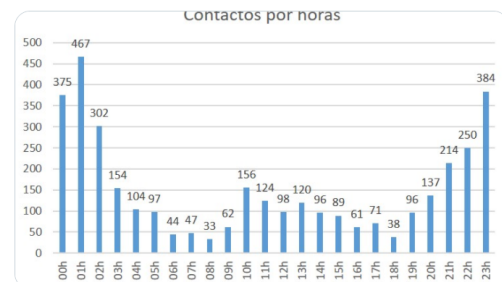
5

15



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 4 may. 2020

Más cosas del experimento HF desde #BAEGdC: Aunque hubo contactos a lo largo de todo el día, entre las 23h y las 03h se realizaron 1778 de los 3619 contactos comprobados entre el 13 de Enero y el 4 de Marzo de 2020. Ojo: esto es hora UTC, así que hay que pensar en usos horarios.



EA4RKU y 5 más



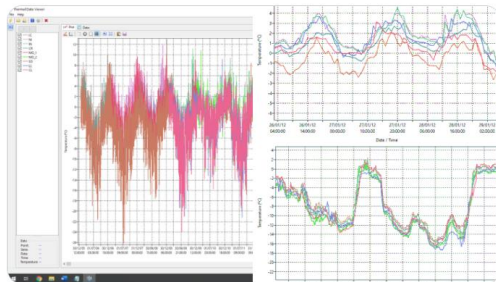
2

4



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 23 may. 2020

Sábado de merecido descanso de la docencia y la gestión universitaria, dedicado a depurar y procesar los datos de temperatura del aire de 8 de nuestras estaciones de control del #permafrost en las islas Livingston y Decepción, #Antártida, entre enero de 2006 y enero de 2020.



Antártida UAH y 9 más



3

19



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 23 may. 2020

En estos años, hemos tenido problemas con fallos en algunos sensores, daños producidos por el hielo y los fuertes vientos, y solo hay una estación sin ninguna falta de datos. A pesar de estos huecos, es una serie de 14 años de lo más prometedora que estamos deseando analizar.



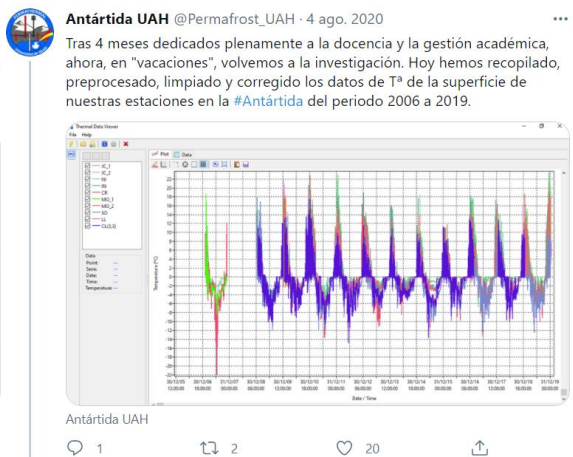
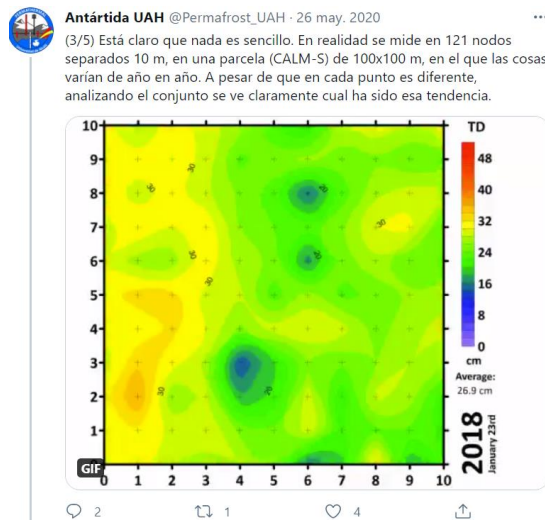
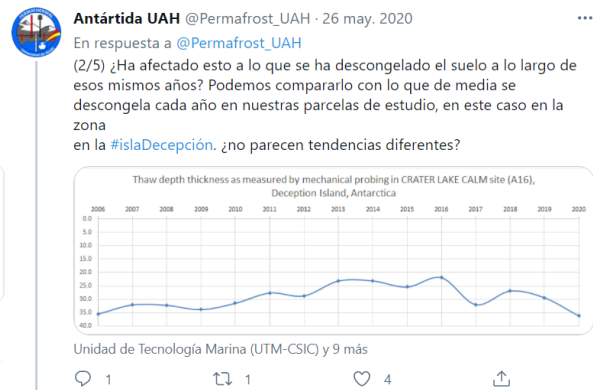
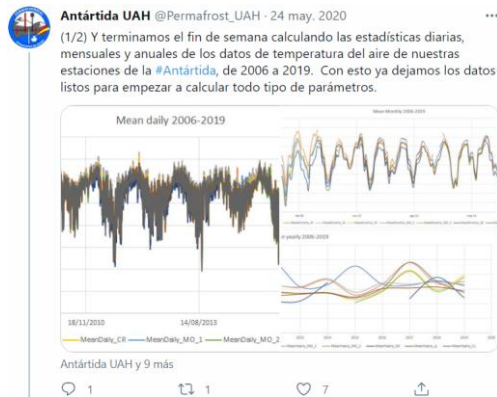
Antártida UAH y 9 más



12





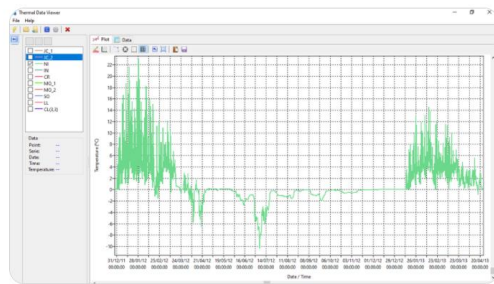




**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 5 ago. 2020

En respuesta a @versussocial

El gráfico muestra  $T^{\circ}$  cada 3 horas, así que es correcto. La clave es que en el hemisferio sur el verano comienza el 21 de diciembre. Así que es normal que las máximas temperaturas se den entre diciembre y marzo, y las mínimas en el invierno, entre junio y septiembre. Un ejemplo:

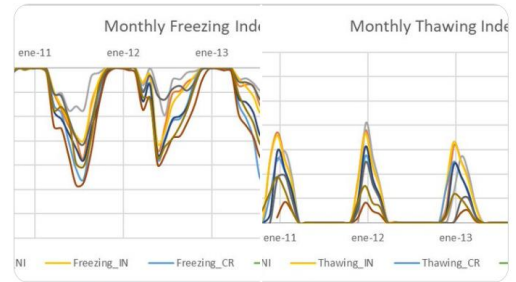


1 1



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 12 ago. 2020

Seguimos analizando los datos de  $T^{\circ}$  del suelo en nuestras estaciones de las islas Livingston y Decepción, #Antártida, calculando los índices de congelación y descongelación, que son indicadores de cuanto frío y calor "ha sentido" el suelo a lo largo del tiempo (2006-2019)



Antártida UAH y OTRI Univ. de Alcalá

1 3 8



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ago. 2020

Seguimos analizando los datos de temperatura del suelo en nuestras estaciones de las islas Livingston y Decepción, #Antártida: hoy le ha tocado el turno al cálculo del régimen térmico, una forma de evaluar el comportamiento de la  $T^{\circ}$ . Calculado de forma diaria, mensual y anual.



Antártida UAH y 2 más

1 7 10



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ago. 2020

En los gráficos días con la  $T^{\circ}$  diaria... siempre negativa ( $<0^{\circ}\text{C}$ , azul), isoterma ( $-0.5^{\circ}\text{C} < T < +0.5^{\circ}\text{C}$ , verde), siempre positiva ( $>0^{\circ}\text{C}$ , rojo), y otras combinaciones por desviaciones de este comportamiento. Este análisis permite ver la evolución mensual, anual, y entre estaciones.



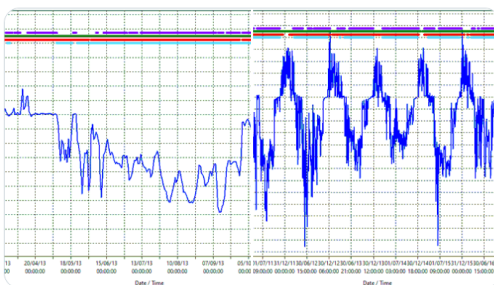
Antártida UAH y 2 más

1 5



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 14 ago. 2020

Acabamos la semana aplicando a nuestros datos de temperatura del suelo (línea azul) los distintos métodos que hay publicados para establecer la presencia de una capa de nieve cubriendo el suelo de nuestras estaciones de control del #permafrost en la #Antártida (líneas de colores)



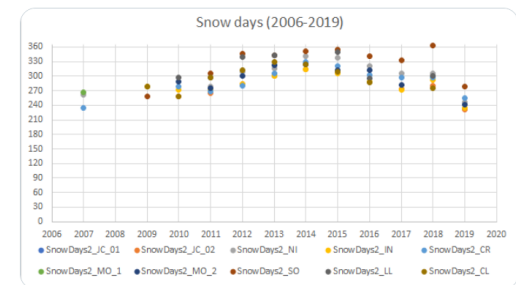
Antártida UAH y 2 más

1 7



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 15 ago. 2020

Pero no podemos acabar el día sin calcular el número de días con nieve cada año hidrológico (de marzo a febrero en el hemisferio sur) para nuestras estaciones... y los resultados son bastante curiosos, normalmente con diferencias de hasta un mes (¡o más!) entre un sitio y otro.



Antártida UAH y 2 más

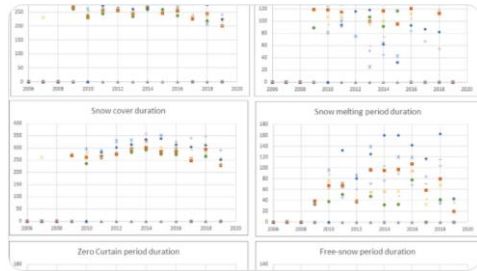
1 1 12





**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 18 ago. 2020

El análisis de los datos de  $T^s$  superficial de nuestras estaciones antárticas nos ha llevado 3 días más de trabajo pero ya hemos terminado. Entre otros, hemos fijado las fechas de inicio y fin, y duración de los distintos periodos que caracterizan el régimen térmico de los suelos.



Antártida UAH y OTRI Univ. de Alcalá



4

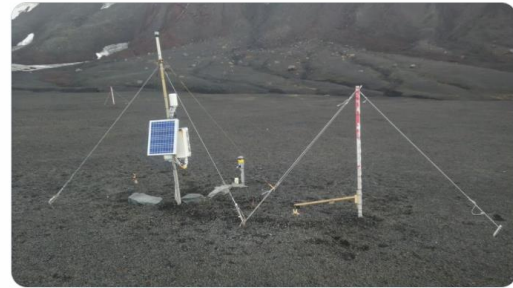


14



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 21 abr.

Y así quedó instalado en la pasada campaña en una de nuestras estaciones en [#IslaDecepción](#)... deseando ver los datos el año que viene, a ver si hemos conseguido registrar el cambio de volumen del terreno debido a los procesos de congelación y descongelación.



Campaña Antártica ET y 2 más



**Antártida UAH** @Permafrost\_UAH · 7 may.

Este año nuestras estaciones de estudio del [#permafrost](#) en la [#Antártida](#) han cumplido 15 años ¡y alguna hasta 20! Ahora empezamos un proceso de modernización. Como primer paso ayer, con [@Athnios](#), estuvimos revisando los metadatos de las estaciones en [@GTNPDatabase](#) [@ipapermafrost](#)

Station ID	Name	Location	Date	Parameters
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

Antártida UAH y 8 más



2



22



## Anexo II. secciones de la cuenta *MarGomezH*

### (1) DESCUBRIMIENTO DE RESTOS FÓSILES

**Mar Gómez** @MarGomezH · 22 dic. 2020

En el año 2016 un minero canadiense descubrió por casualidad los restos momificados de una cría de lobo hembra de 57.000 años en el territorio canadiense del Yukón. Había permanecido durante miles de años congelado e intacto en el **permafrost**. (📷 Government of Yukon)



210 4,8 mil 13,7 mil

**Mar Gómez** @MarGomezH · 22 dic. 2020

En respuesta a @MarGomezH

El animal está tan increíblemente bien conservado que incluso se ha examinado el contenido de su estómago. Su buen estado de conservación ofrece una oportunidad única a los expertos de analizar como vivían hace miles de años. (📷 Universidad de Des Moines)



27 750 4,1 mil

**Mar Gómez** @MarGomezH · 22 dic. 2020

El cachorro, todavía tiene gran parte de su pelo, sus dientes y otras partes del cuerpo y órganos intactos. Al examinar sus dientes y las radiografías corporales, los científicos determinaron que el cachorro tenía entre 6 y 7 semanas de edad. Murió en julio o principios de agosto

21 255 2,2 mil

**Mar Gómez** @MarGomezH · 22 dic. 2020

El animal, que ha sido llamado Zhùr, que significa "lobo" en el idioma Hän, es considerado el ejemplo más completo de un canino momificado del período de tiempo en el que vivió.



7 246 2,1 mil

**Mar Gómez** @MarGomezH · 22 dic. 2020

En cuanto a cómo murió, los investigadores creen que fue enterrada en su guarida durante un colapso de los sedimentos y que fue enterrada viva. (Imagen del minero que descubrió a la loba/Government of Yukon)



17 155 1,4 mil

**Mar Gómez** @MarGomezH · 22 dic. 2020

El contenido del estómago de Zhùr, por ejemplo, ha ofrecido a los investigadores una oportunidad increíble de ver qué comían los lobos de la época. Se determinó que se alimentaba de peces y restos de aves acuáticas locales de la región. (📷 Government of Yukon)



7 194 1,9 mil







Mar Gómez  
@MarGomezH

Los hallazgos en el permafrost no son algo nuevo, pero este último hallazgo es increíble: en el ártico ruso se han descubierto restos perfectamente conservados de un oso de las cavernas de la Edad de Hielo. (📷 NEFU)



Mar Gómez · @MarGomezH · 16 sept. 2020

En respuesta a @MarGomezH

Se trataría del primer ejemplar de la especie que se ha encontrado con todos los tejidos blandos intactos, incluso tenía su hocico en perfecto estado, según científicos de la Universidad Federal del noroeste en Yakutsk, Siberia. Antes solo se habían encontrado huesos y cráneos.

12

377

2,3 mil



Mar Gómez · @MarGomezH · 16 sept. 2020

Fue encontrado en la isla Gran Lajovski, localizada entre el mar de Láptev y el mar de Siberia Oriental, en el norte de Rusia. (📷 Alexander Oboimov)



9

339

1,8 mil



Mar Gómez · @MarGomezH · 16 sept. 2020

Esta especie es un oso de las cavernas *Ursus spelaeus*, una especie prehistoria que vivió en Eurasia en el Pleistoceno medio y tardío que se extinguió hace unos 15.000 años. Este ejemplar puede tener entre 22.000 y 39.500 años. (📷 NEFU)



45

1,2 mil

5,1 mil



Mar Gómez · @MarGomezH · 16 sept. 2020

En los últimos años se han visto importantes descubrimientos de mamuts, rinocerontes lanudos, potros de la Edad de Hielo y varios cachorros de león de las cavernas a medida que el permafrost se derrite en Siberia debido a las altas temperaturas asociadas al cambio climático.



17

454

2,1 mil



Mar Gómez · @MarGomezH · 16 sept. 2020

El permafrost es la capa de terreno debajo del suelo activo que se encuentra permanentemente (perma) congelada (Frost).

Tiene una edad geológica de más de 15 mil años y ahora corre peligro pues se encuentra en continuo deshielo.



18

415

1,9 mil





**Mar Gómez** @MarGomezH · 16 sept. 2020

Este pasado julio veíamos las primeras imágenes de tejidos blandos conservados en un mamut lanudo, salvo el cerebro. Este se encontró en otro ejemplar en el año 2014, bautizado como Yuka. El mamut lanudo mejor conservado del mundo llamado Lyuba se encontró en 2007.



11 242 1,5 mil



**Mar Gómez** @MarGomezH · 16 sept. 2020

Pero además de estos hallazgos el permafrost almacena enormes cantidades de gases de efecto invernadero como puede ser el metano. Esto es debido a la descomposición orgánica de las plantas que quedaron atrapados en el en el proceso de congelación.



7 234 1,3 mil



**Mar Gómez** @MarGomezH · 16 sept. 2020

Si el permafrost se funde, pueden liberarse también cantidades equivalentes al doble de carbono que hay en la atmósfera.



32 410 1,7 mil



## (2) LABORATORIO RUSO VEKTOR



Mar Gómez  
@MarGomezH

El laboratorio de biotecnología ruso Vektor, que se encuentra en una región remota de Siberia (y que ha desarrollado una de las vacunas contra la covid-19) ahora propone investigar virus de hace miles de años que podrían encontrarse en el permafrost.



11:53 a. m. · 20 feb. 2021 · Twitter Web App

1.632 Retweets 386 Tweets citados 4.711 Me gusta



Mar Gómez · @MarGomezH · 20 feb.

En respuesta a @MarGomezH

Este laboratorio ha anunciado su intención de iniciar un proyecto para extraer y analizar paleovirus. Por ello comenzará a tomar muestras de cadáveres de animales extintos que se han encontrado preservados en el permafrost.

9 172 712



Mar Gómez · @MarGomezH · 20 feb.

Pero ¿qué es el permafrost? Es la capa de suelo permanentemente congelado en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares como es la tundra.

Está sobre todo en el hemisferio norte, donde cubre alrededor del 24% de la superficie terrestre.



4 179 789



Mar Gómez · @MarGomezH · 20 feb.

El calentamiento global está produciendo que el permafrost se derrita y que se revelen hallazgos increíbles. El Ártico se calienta 2 veces más rápido que el promedio mundial, poniendo en peligro la vida silvestre local y liberando grandes cantidades de carbono a la atmósfera.



9 232 728



Mar Gómez · @MarGomezH · 20 feb.

En este gran cementerio helado de la Tierra, se han encontrado perfectamente conservados mamuts lanudos, lobos del Pleistoceno, etc. Pero también se han encontrado hongos, virus y bacterias, algunos capaces de sobrevivir tras millones de años "dormidos". (📷 Andrew Butko.)



9 244 1 mil



Mar Gómez · @MarGomezH · 20 feb.

En el permafrost también se han encontrado múltiples cadáveres humanos, algunos con restos del virus de la mal llamada gripe española o incluso momias del siglo XVIII con síntomas de viruela. (📷 National Museum of Health and Medicine)



3 180 806



Vektor ha desarrollado una vacuna contra el coronavirus, EpiVacCorona, que fue autorizada en octubre en Rusia y está programada para comenzar la producción en masa a finales de este mes.



21 111 592



## Anexo III. Detalle de la iniciativa de divulgación de *Secretodruidas*

**El secreto de los druidas** @SecretDruidas · 22 abr.

En otoño del año 2002 en el norte de Yakutia, en Siberia se realizó un descubrimiento excepcional en el permafrost. Se trataba de un mamut lanudo apodado Yukagir.

Francis Latreille

¿Quieres saber más sobre el? Abro hilo



9:16 p. m. · 22 abr. 2021 · Twitter Web App

173 Retweets 7 Tweets citados 718 Me gusta

**El secreto de los druidas** @SecretDruidas · 22 abr.

En respuesta a @SecretDruidas

Su descubrimiento fue toda una revolución tanto para los habitantes del lugar como para el mundo paleontológico, ya que gracias a este espécimen se pudo saber que los mamuts lanudos tenían glándulas temporales entre la oreja y el ojo

Francis Latreille



1 6 52

**El secreto de los druidas** @SecretDruidas · 22 abr.

Pero eso no fue todo porque los restos de este macho adulto estaban tan bien conservados que en una de sus patas se podía observar las grietas que le habían salido de caminar por el territorio helado

Francis Latreille



1 6 49

**El secreto de los druidas** @SecretDruidas · 22 abr.

Además, gracias al hallazgo de su cabeza, colmillos, patas delanteras y partes de su estómago y tracto intestinal los investigadores llegaron a la conclusión que alcanzó una altura de 9 pies y pesó más de 5 toneladas

Francis Latreille



1 6 52

**El secreto de los druidas** @SecretDruidas · 22 abr.

Además en su estómago todavía conservaba los restos de su última comida antes de morir en el hielo eterno. Se trata de tallos de la familia Poaceae Mamut Yukagir, una plantita de hace 22.500 años, nada más y nada menos

Francis Latreille



1 7 51

**El secreto de los druidas** @SecretDruidas · 22 abr.

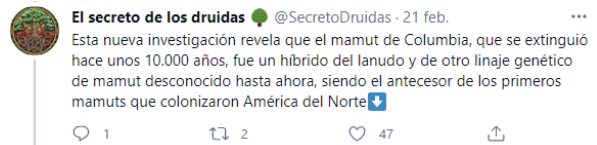
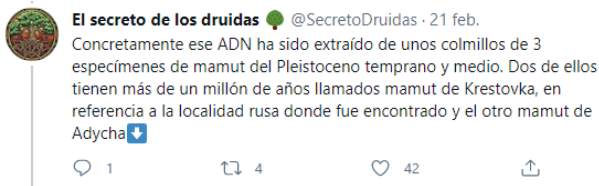
Al examinar sus vértebras se percataron que en dos de ellas había signos de espondilitis y que tenía células para una posible clonación, la cual en la actualidad es llevada a cabo por investigadores japoneses

Francis Latreille



2 7 57







## Anexo IV. Secciones de la cuenta *Queenofpeat*

### (1) IMPLICACIONES DE LA DEGRADACIÓN DEL PERMAFROST

Dr. Merritt Turetsky  
@queenofpeat

Pragmatic hope for the Arctic #5 is a reflection about methane. "Catastrophic methane bomb spells peril for the Arctic". I feel like this I've seen this as an actual headline. But it's not true. This thread will spell out some facts related to methane & thawing permafrost. 1/

Traducir Tweet



9:01 p. m. · 15 abr. 2021 · Twitter Web App

36 Retweets · 9 Tweets citados · 101 Me gusta



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 15 abr.

2) It is quite possible that the NOAA network is insufficient for detecting increasing Arctic methane emissions. However, my research shows that methane release from young thaw features is outswamped by larger areas of older thaw features that have different methane behavior. 3/



2



10



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 15 abr.

4) I think it's safe to say that sampling bias likely leads to overestimates in field-based methane emissions. Research on methane sinks is fascinating and we are learning more about them such as 🙌



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 14 abr.

Pragmatic hope for the Arctic #4. For millenia **permafrost** has stockpiled carbon. Much of this carbon (~80% or more) will remain in the biosphere even after thaw. Why? Past thaw, microbial resistance, etc. So let's thank **permafrost** for being a long-term cooling [#ClimateAction](#). 1/



3



88



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 15 abr.

En respuesta a @queenofpeat

1) @NOAA data show that atmospheric methane took a big jump in 2020. @INSTAAR isotope data point to biogenic sources- livestock, wetlands (likely tropical). Raises a good question- why are atmospheric records not detecting increases in methane associated with permafrost thaw? 2/

3



10



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 15 abr.

3) This suggests that Arctic methane emissions will progressively increase with proportion of thaw. Yet as warming continues, accelerated drying might simultaneously speed up methane oxidation. The scale & rate of Arctic wetting vs. drying will be key. 4/

1



15



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 15 abr.

The jump in atmospheric methane is very concerning. Yet we still have time to keep Arctic emissions from skyrocketing. How? If we get serious about [#ClimateAction](#) & decarbonizing our economy, we can keep some permafrost frozen & thus keep that permafrost carbon in the ground. 6/6



30



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 14 abr.

En respuesta a @queenofpeat

The fate of the ~20% of permafrost carbon is important. Emissions will not be bomb-like but rather will gradually increase beyond 2100. This is due to protective legacies (go peat!) & new biomass (go plants!). But this means we have time to decarbonize & save some permafrost. 2/2



1



14





Dr. Merritt Turetsky  
@queenofpeat

Permafrost thaw is about WAY more than carbon and climate. From impacting caribou to mobilizing mercury and legacy arsenic from gold mining, many thaw impacts are not conceptualized yet let alone understood. Below shows how pockmarks of thaw can consume entire forests. 1/

Traducir Tweet



9:32 p. m. · 1 mar. 2021 · Twitter Web App

146 Retweets 19 Tweets citados 379 Me gusta



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 1 mar.

En respuesta a @queenofpeat

How can permafrost thaw consume whole forests or trigger landslides? The answer is simple yet so complex. Ground ice. Thaw of ice-rich permafrost causes drama. Peek inside permafrost to view gorgeous ice wedges in Alaska's #permafrosttunnel. Stunning. 2/

Tom Douglas @Thomas\_Douglas · 20 feb.

Photos from a recently excavated section of the #permafrosttunnel. We have more than doubled the length of tunnel. The first pic shows a beautiful ice wedge cut by thermokarst cave ice. The other photo is a panorama down a ramp that gets down to bedrock. #cryosphere #permafrost



1 4 33



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 1 mar.

Ground ice content in the permafrost drives what happens after thaw. Check out this awesome visualization. On the left is what happens when ice-rich permafrost warms up. The literal backbone of the Arctic disappears. 3/

H. Brendan O'Neill @Permafrostee · 10 jul. 2019

Ice-rich #permafrost core segments thawing in the lab (left two). Imagine a building, highway, or runway sitting on top of this as it happens slowly #arctic #infrastructure #scicomm



0:25 18,9 mil reproducciones

1 8 38



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 1 mar.

Main message- not all permafrost is created equal when it comes to impacts after thaw. What are those impacts? Let's take a tour, starting with @forestecogrp and me talking about 🌋 + thaw and what it means for caribou and caribou food (#lichens!). 4/



1:56 733 reproducciones



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 1 mar.

Thaw of ice-rich permafrost means travel across land becomes difficult, impossible, or dangerous. Travel on water also can become impeded by erosion such as this slide on the #Mackenzie River 🇨🇦. Boating routes or fishing areas used for generations impacted by a single event. 5/



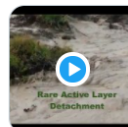
Carolyn Gibson

1 4 22



Dr. Merritt Turetsky @queenofpeat · 1 mar.

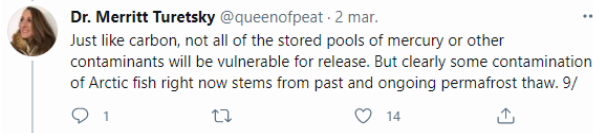
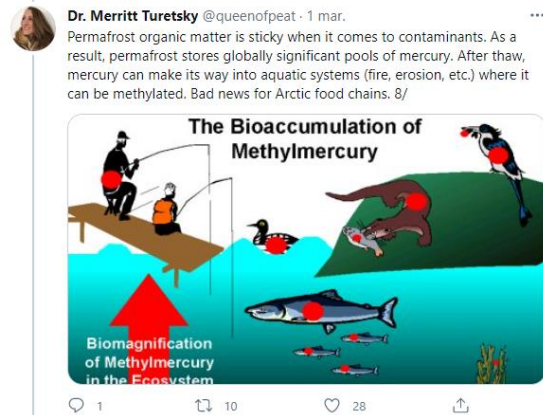
Want to see what a landslide looks like in the Arctic? This video is insane. As the permafrost "glue" thaws, the top layer of land literally detaches from what is underneath and triggers the slide. Video from scientists in Denali National Park. 6/



Rare Active Layer Detachment Witnessed in Denali ... Have you ever witnessed an "active layer detachment" in action? That's okay, you're about t... youtube.com

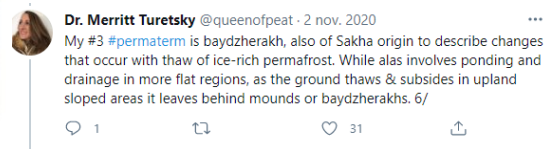
3 7 26



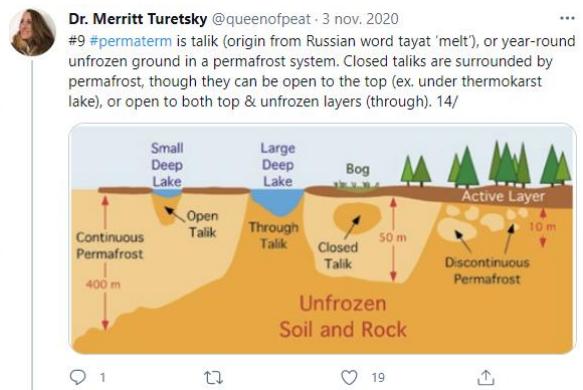


## (2) ELEMENTOS DEL PERMAFROST











### (3) ESTUDIANDO EL PERMAFROST

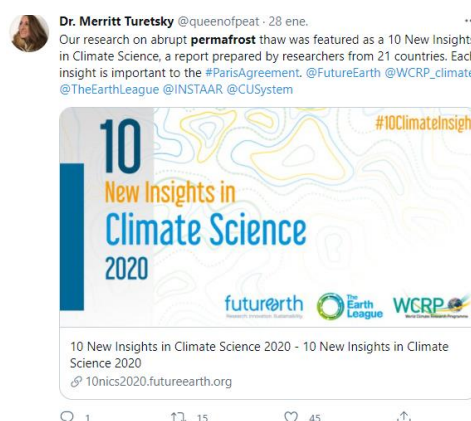
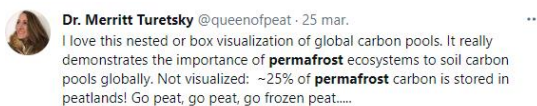






## (4) RECOMENDACIONES DE OTRAS TRABAJOS, ARTÍCULOS Y OTROS PUBLIACIONES



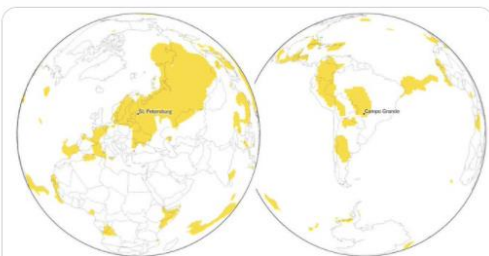






**Dr. Merritt Turetsky** @queenofpeat · 15 ene.

Thanks @chrismooney @afreedma @washingtonpost for speaking with me about climate change & intense fires, including burning in the Arctic's most sensitive **permafrost**. Input also from @KHayhoe @hausfath @ClimateOfGavin. @WoodwellClimate @INSTAAR @CUBoulder



2020 rivals hottest year on record, pushing Earth closer to a critical cli...  
Escalating temperatures poise the planet to breach 1.5 C for the first time, possibly later this decade.  
washingtonpost.com

4 24



**Dr. Merritt Turetsky** @queenofpeat · 23 dic. 2020

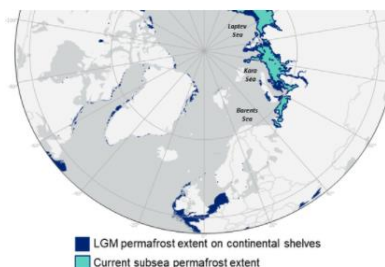
A thoughtful thread on carbon in subsea **permafrost**. Like these authors, I'm often criticized for my work. I see wonderful changes in the **permafrost** community. To those still gatekeeping, remember that science is self-correcting & your gates hurt/hinder rather than help innovate.



**Ben Abbott** @thermokarst · 22 dic. 2020

I am so pleased to share @Sara\_Sayedi's newest paper on subsea permafrost carbon! This is the first circumarctic assessment of the quantity and climate sensitivity of organic matter and methane hydrates on the continental shelves of the Arctic Ocean. 1/18  
iopscience.iop.org/article/10.108...

Mostrar este hilo



2 1 14

## Anexo V. Secciones de la cuenta *PYRN oficial*

### (1) ABECEDARIO DEL PERMAFROST



Permafrost Young Researchers Network @PYR... · 11 ene. ...

Introducing the "PERMAFROST ALPHABET, FROM A TO Z"  
Every week we'll share a new term with a different letter of the #alphabet, hopefully interesting & helpful for #permafrost #community of all career stages. 📖 abc  
Tag us with examples from your work! #AcademicChatter

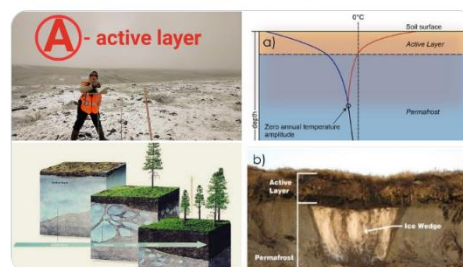


3 9



Permafrost Young Researchers Network @PYR... · 11 ene. ...

A - Active layer  
"The top layer of ground subject to annual thawing and freezing in areas underlain by permafrost (@ipapermafrost). It's thickness varies from year to year, depending on factors as the ambient air temperature, vegetation, .."  
Read more: [instagram.com/p/CJvnZrIMwXF/](https://www.instagram.com/p/CJvnZrIMwXF/)

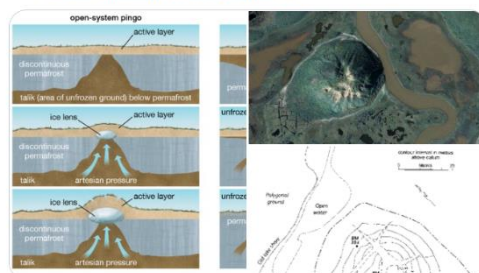


4 31



Permafrost Young Researchers Network @PYR... · 18 ene. ...

"B - BULGUNNYÄKHS (PINGOS)  
occur in continuous/discontinuous #permafrost.  
BULGUNNYÄKH (Yakutian term) or Pingo (local Inuktitut term from the Mackenzie Delta) are both describing relatively large features with heights of >10m & diameters of >100m."  
More: [instagram.com/p/CKGrpE1M8HK/](https://www.instagram.com/p/CKGrpE1M8HK/)

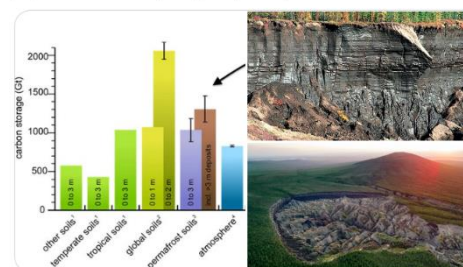


3 12



Permafrost Young Researchers Network @PYR... · 1 feb. ...

C - CARBON  
"Permafrost contains more than 2 times carbon than that in the current atmosphere, thawing of permafrost can release a huge amount carbon into the atmosphere and it could act as a positive feedback to global warming."  
📷 1st: Strauss et al.(2017); 2nd/3rd: open source

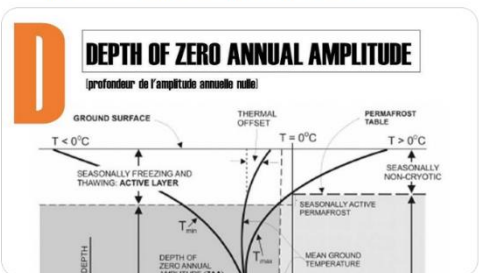


Jens Strauss 11 47



Permafrost Young Researchers Network @PYR... · 17 feb. ...

D - DEPTH OF ZERO ANNUAL AMPLITUDE  
The distance from the ground surface downward to the level beneath which there is practically no annual fluctuation in ground temperature.  
See full post here: [instagram.com/p/CLWtILMQca/](https://www.instagram.com/p/CLWtILMQca/)



4 11



Permafrost Young Researchers Network @PYR... · 18 mar. ...

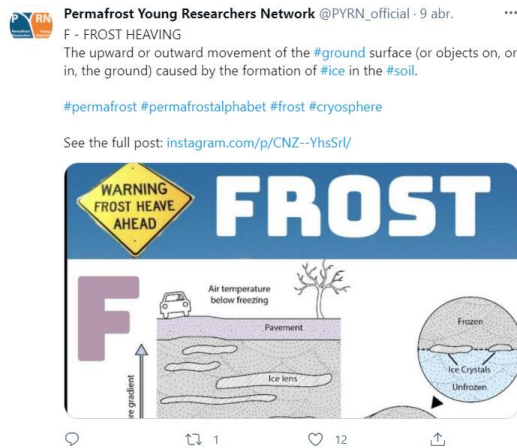
E - EROSION THERMAL  
The #erosion of ice-rich #permafrost by the combined #thermal and #mechanical action of moving #water. ...

Read the full post here:  
[instagram.com/p/CMiJXe1MXVb/](https://www.instagram.com/p/CMiJXe1MXVb/)

#arctic #permafrostalphabet #process #nature #science  
#geography #geoscience



1 3



## (2) CHAMPIONSHIP OF PERMAFROST FREATURES



We are starting something new..

CHAMPIONSHIP OF PERMAFROST FEATURES

our first matchup: low centred polygons e.g. [twitter.com/queenofpeat/st...](https://twitter.com/queenofpeat/st...)

vs.

earth hummocks e.g. [twitter.com/climatologist4...](https://twitter.com/climatologist4...)

inspired by [@BSG\\_Geomorph](#)

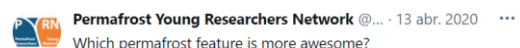
full bracket below!

[Traducir Tweet](#)

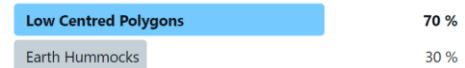


En respuesta a [@PYRN\\_official](#)

here is the full bracket. we will have a poll every two days for each matchup! any you're looking forward to?

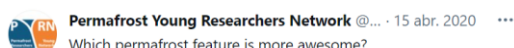


Which permafrost feature is more awesome?



70 votos · Resultados finales

1 6 3

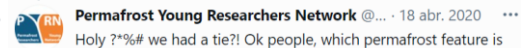


Which permafrost feature is more awesome?



32 votos · Resultados finales

1 6 1

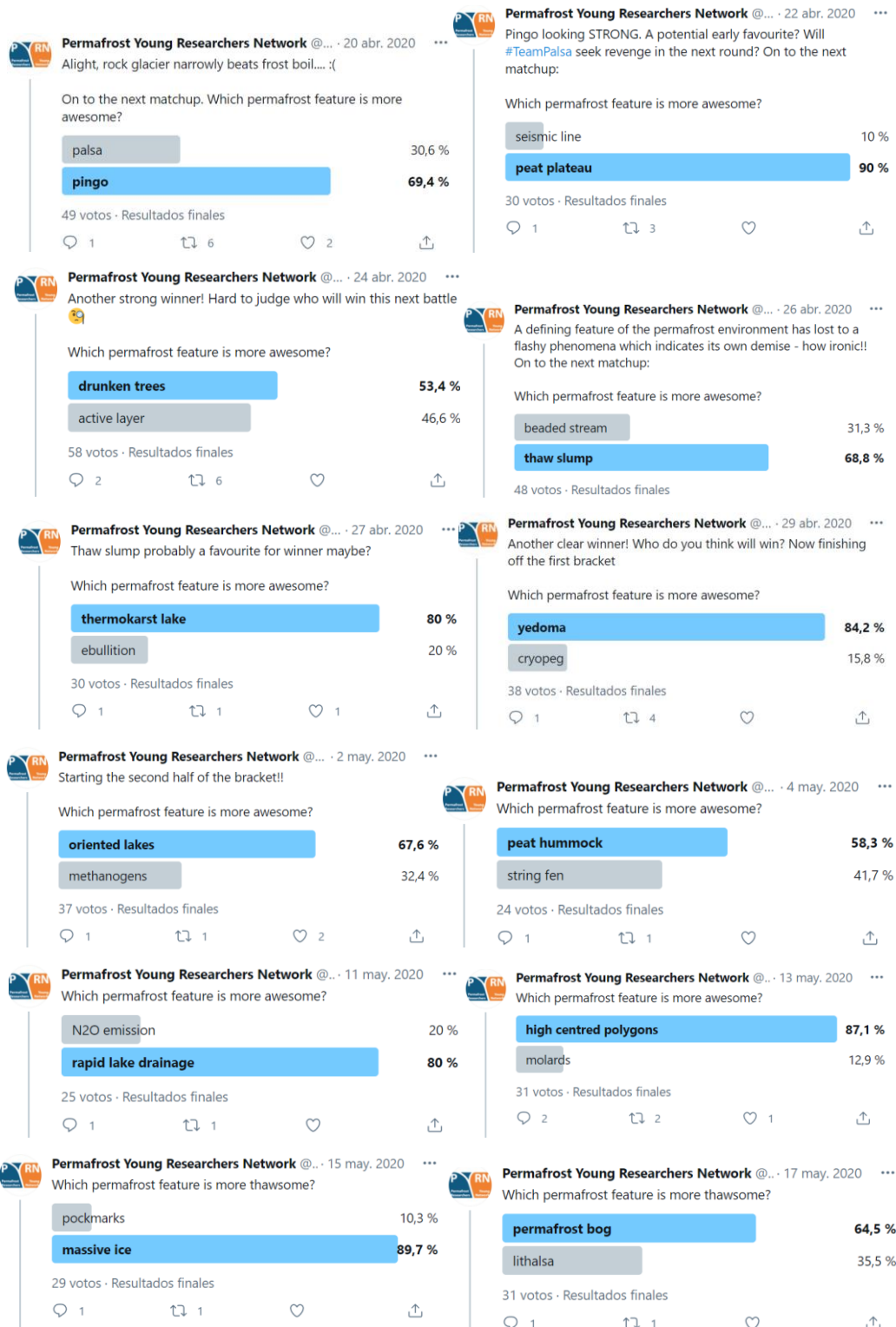


Holy ?\*%# we had a tie?! Ok people, which permafrost feature is most awesome, like, actually though?

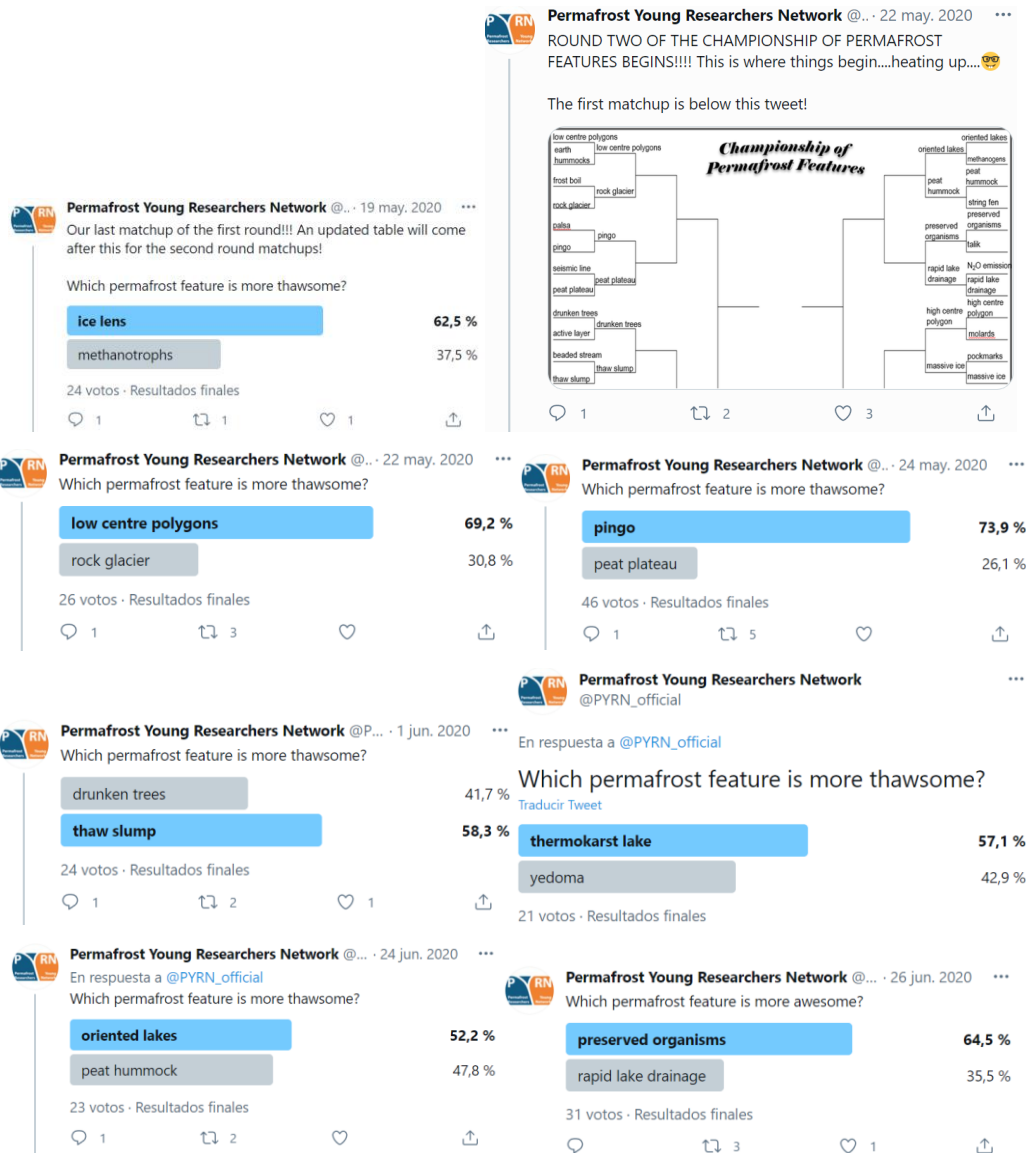


42 votos · Resultados finales

2 1





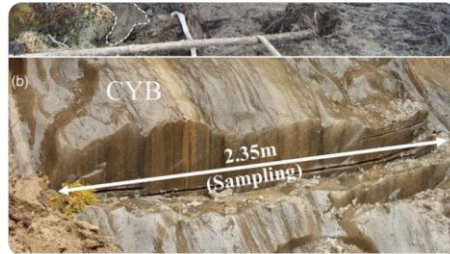


### (3) #APERMAFRTOSPAPERADAY

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 18 feb. 2019 ...  
Distributed Temperature Profiling System Provides Spatially Dense Measurements and Insights about Permafrost Distribution in an Arctic Watershed

[the-cryosphere-discuss.net/tc-2018-264/tc...](https://the-cryosphere-discuss.net/tc-2018-264/tc...)

#APermafrostPaperADay

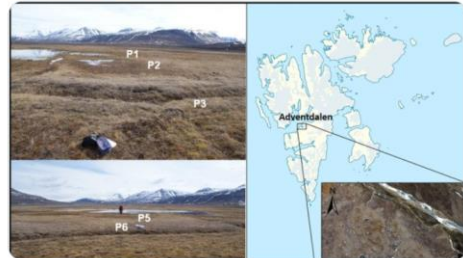


3

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 6 mar. 2019 ...  
Effects of active layer seasonal dynamics and plant phenology on CO<sub>2</sub> land-atmosphere fluxes at polygonal tundra in the High Arctic, Svalbard

[doi.org/10.1016/j.cate...](https://doi.org/10.1016/j.cate...)

#APermafrostPaperADay

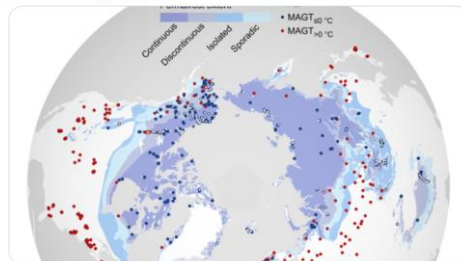


2 5

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 20 mar. 2019 ...  
New insights into the environmental factors controlling the ground thermal regime across the Northern Hemisphere: a comparison between permafrost and non-permafrost areas

[the-cryosphere.net/13/693/2019/tc...](https://the-cryosphere.net/13/693/2019/tc...)

#APermafrostPaperADay



2 2

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 8 sept. 2019 ...  
Model-data fusion to assess year-round CO<sub>2</sub> fluxes for an arctic heath ecosystem in West Greenland (69 degrees N)

[sciencedirect.com/science/article...](https://sciencedirect.com/science/article...)

#APermafrostPaperADay

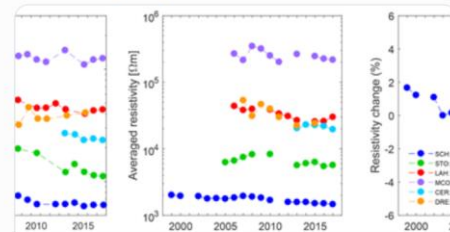


1 1

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 6 nov. 2019 ...  
Mountain permafrost degradation documented through a network of permanent electrical resistivity tomography sites

[the-cryosphere.net/13/2557/2019/](https://the-cryosphere.net/13/2557/2019/)

#APermafrostPaperADay



Mountain permafrost degradation documented through a network of ...  
Abstract. Mountain permafrost is sensitive to climate change and is expected to gradually degrade in response to the ongoing atmospheric ...  
[tc.copernicus.org](https://tc.copernicus.org)

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 7 abr. 2020 ...  
Mapping thermally heterogeneous tundra landscapes from satellite data: a case study of the Yamal Peninsula (in Russian, translate at [deepl.com](https://deepl.com) if needed!)

[jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?i...](https://jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?i...)

#APermafrostPaperADay



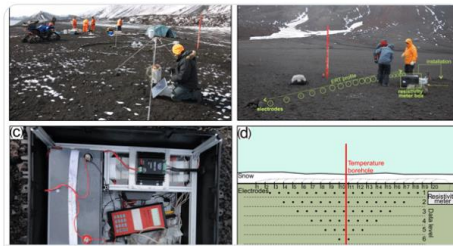
DeepL Translate  
Use the free DeepL Translator to translate your texts with the best machine translation available, powered by DeepL's world-leading neur...  
[deepl.com](https://deepl.com)

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 4 may. 2020 ...

Detailed detection of active layer freeze–thaw dynamics using quasi-continuous electrical resistivity tomography (Deception Island, Antarctica)

[the-cryosphere.net/14/1105/2020/](https://the-cryosphere.net/14/1105/2020/)

#APermafrostPaperADay



Detailed detection of active layer freeze–thaw dynamics using quasi-co...  
Abstract. Climate-induced warming of permafrost soils is a global phenomenon, with regional and site-specific variations which are not ...  
[tc.copernicus.org](https://tc.copernicus.org)

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 7 may. 2020 ...

Fast response of cold ice-rich permafrost in northeast Siberia to a warming climate

[nature.com/articles/s4146...](https://nature.com/articles/s4146...)

#APermafrostPaperADay



Fast response of cold ice-rich permafrost in northe...  
Siberian Arctic permafrost contains vast stores of carbon, the fate of which is dependent on the ...  
[nature.com](https://nature.com)

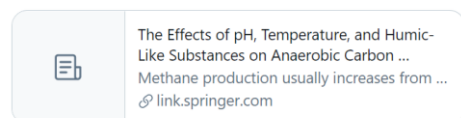
1 9

**Permafrost Young Researchers Network** @P... · 7 jun. 2020 ...

The Effects of pH, Temperature, and Humic-Like Substances on Anaerobic Carbon Degradation and Methanogenesis in Ombrotrophic and Minerotrophic Alaskan Peatlands

[link.springer.com/article/10.100...](https://link.springer.com/article/10.100...)

#APermafrostPaperADay



The Effects of pH, Temperature, and Humic-Like Substances on Anaerobic Carbon ...  
Methane production usually increases from ...  
[link.springer.com](https://link.springer.com)

3

**Permafrost Young Researchers Network** @... · 22 jun. 2020 ...

Roles of Thermokarst Lakes in a Warming World

[cell.com/trends/microbi...](https://cell.com/trends/microbi...)

#APermafrostPaperADay



Roles of Thermokarst Lakes in a Warming World  
Permafrost covers a quarter of the northern ...  
[cell.com](https://cell.com)

5

**Permafrost Young Researchers Network** @PYRN\_offi... · 24 jun. 2020 ...

Recent advances (2010–2019) in the study of taliks

[onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.100...](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.100...)

#APermafrostPaperADay



Recent advances (2010–2019) in the study of taliks  
Taliks are bodies or layers of unfrozen ground in permafrost areas. Recent research on taliks has bee...  
[onlinelibrary.wiley.com](https://onlinelibrary.wiley.com)

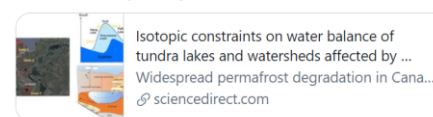
1 2

**Permafrost Young Researchers Network** @... · 28 jun. 2020 ...

Isotopic constraints on water balance of tundra lakes and watersheds affected by permafrost degradation, Mackenzie Delta region, Northwest Territories, Canada

[sciencedirect.com/science/articl...](https://sciencedirect.com/science/articl...)

#APermafrostPaperADay



Isotopic constraints on water balance of tundra lakes and watersheds affected by ...  
Widespread permafrost degradation in Cana...  
[sciencedirect.com](https://sciencedirect.com)

1 3

**Permafrost Young Researchers Network** @... · 2 ago. 2020 ...

Heavy metals in the Arctic: Distribution and enrichment of five metals in Alaskan soils

[journals.plos.org/plosone/articl...](https://journals.plos.org/plosone/articl...)

#APermafrostPaperADay



Heavy metals in the Arctic: Distribution and enrichment of five metals in Alaskan soils  
Metal contamination of food and water reso...  
[journals.plos.org](https://journals.plos.org)

1 6

**Permafrost Young Researchers Network** @... · 4 ago. 2020 ...

Nitrous oxide emissions from permafrost-affected soils

[nature.com/articles/s4301...](https://nature.com/articles/s4301...)

#APermafrostPaperADay



Nitrous oxide emissions from permafrost-affected soils  
Permafrost-affected soils are an unappreciat...  
[nature.com](https://nature.com)

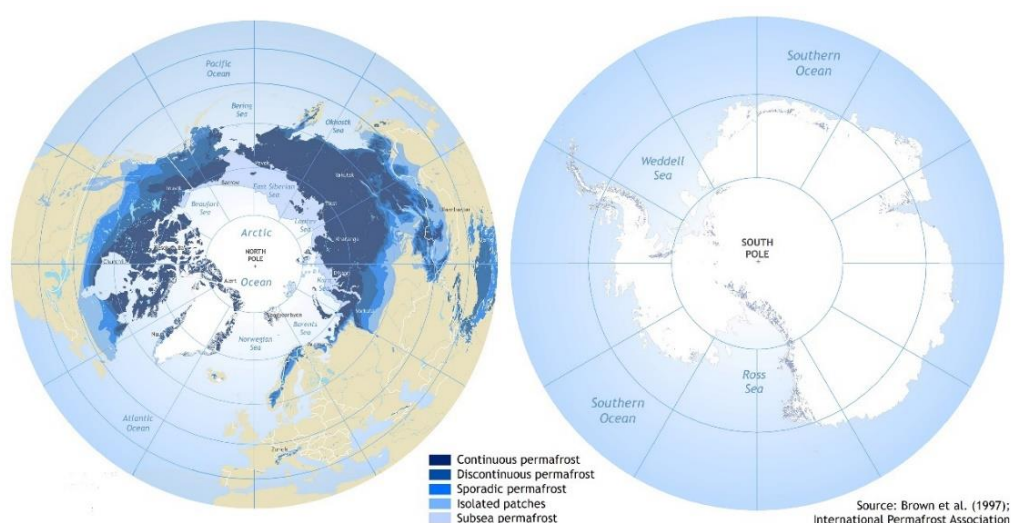
4

## **Anexo VI. El permafrost**

### **1. Definiciones y conceptos**

El permafrost se define como el suelo que permanece congelado (esto es por debajo de los 0°C) durante al menos dos años consecutivos (ej., van Everdingen, 1998; Schuur et al., 2008, Dobinski, 2011). Sobre el permafrost puede existir una capa superficial afectada directamente por la radiación solar y las condiciones climáticas que la someten a ciclos repetidos de congelación-descongelación, y que se conoce como la capa activa. Esta capa permite el intercambio de humedad y gases con la atmósfera y proporciona agua y nutrientes necesarios para los procesos biológicos en el suelo en estas regiones subglaciares y periglaciares (ej., Osterkamp y Burn, 2014, de Pablo et al., 2017).

El permafrost se desarrolla en las regiones árticas y circumpolares del hemisferio norte, ocupando el 22% de la superficie terrestre y desarrollándose sobre una extensión de 22 millones de km<sup>2</sup> (Schuur et al., 2008; Bockheim et al., 2013). Asimismo, también se encuentra en la plataforma continental del Océano Ártico y en regiones montañosas (Schuur et al., 2008; Bockheim et al., 2013) (Figura 1). En la Antártida el permafrost está presente en regiones libres de hielo donde no se encuentran glaciares (Bockheim et al., 2013) y sólo ocupa el 0,36% de la superficie del planeta, lo que equivale a unos 50.000 km<sup>2</sup> (Vieira et al., 2010; Ramos et al., 2012).



*Figura VI. 1. Distribución del permafrost en el hemisferio norte (tomado de Brown et al., 1997)*



En función de la continuidad espacial, diferenciamos entre permafrost continuo (aquel que cubre grandes regiones) y permafrost discontinuo (aquel extendido en áreas dispersas) (Andersland y Ladanyi, 2004; Schuur et al., 2008) (Figura 2). Como resultado de la presión local, la alta salinidad o el flujo de agua subterránea, pueden desarrollarse parches de tierra que permanecen sin congelar mezclados con el permafrost, a los que se les denomina talik (Andersland y Ladanyi, 2004; Schuur et al., 2008).

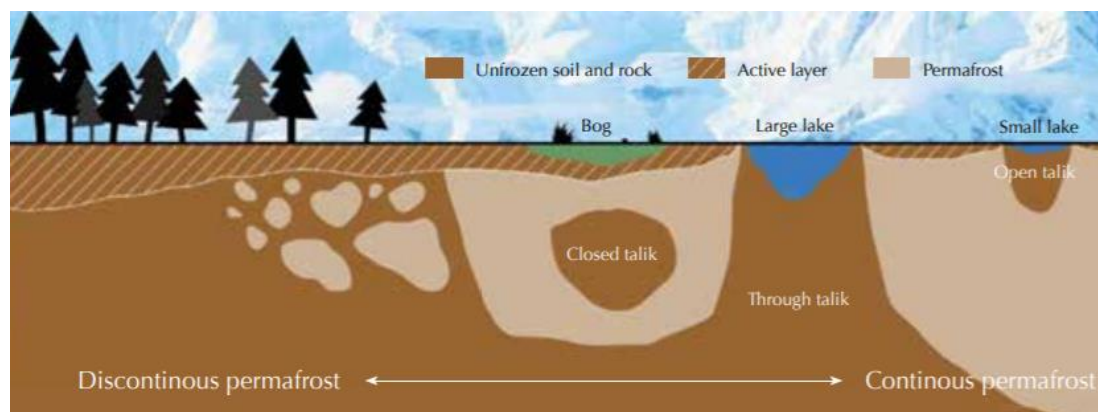
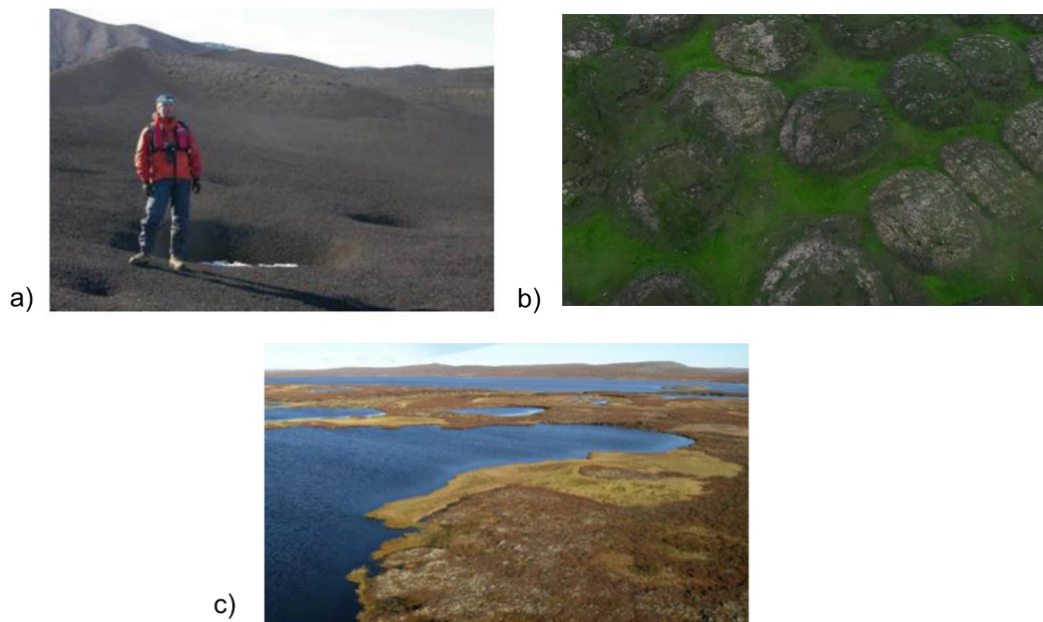


Figura VI.2. Esquema de distribución de los diferentes tipos de permafrost (tomado de de Pablo et al., 2012).

Además de las condiciones climáticas que marcan el régimen térmico de los suelos, los principales factores que controlan la distribución del permafrost son la topografía, la cubierta nival, la litología y la estructura geológica, y el contenido de agua del suelo (Ferreira et al., 2017; Hrbáček et al., 2019; de Pablo et al., 2017; Oliva et al., 2017), además de la edad de desglaciación y el tipo y la distribución de la vegetación (Alonso, 2017; Hrbáček et al., 2020). Evidenciándose desde la década de 1960 hasta la actualidad, las primeras señales de degradación del permafrost han sido el incremento de la formación de termokarst (Agafonov et al., 2004; Morgenstern et al., 2011; Ananicheva et al., 2017). El desarrollo del termokarst se debe al aumento de la capa activa, en donde el hielo se derrite y el suelo restante se colapsa en el espacio ocupado previamente por el volumen de hielo, generándose una orografía deprimida (Figura 3) (Czudek y Demek, 1970; Schuur et al., 2008; Jones et al., 2009; Schuur et al., 2015). El termokarst interactúa con la hidrología local y su iniciación

puede conducir a la formación de lagos, que descongelan el permafrost debajo y en los bordes del mismo (Schuur et al., 2008; Vieira et al., 2008; Jones et al., 2009).

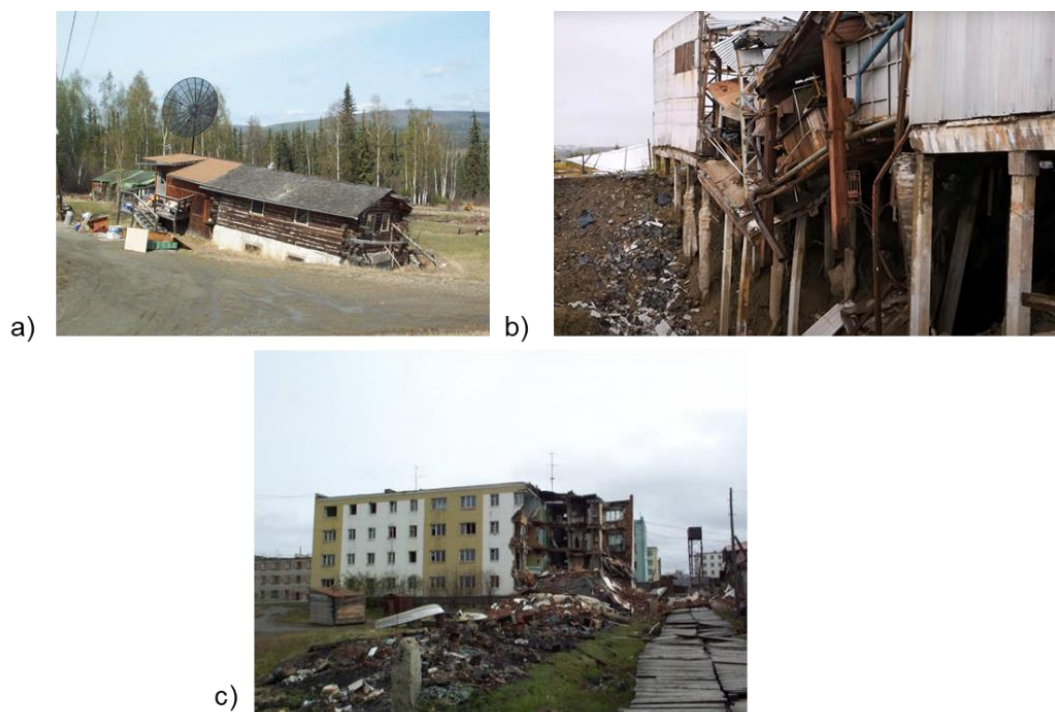


*Figura VI.3. a) Depresiones de thermokarst en terreno con pendiente suave en la Isla Decepción (Península Antártica). b) Thermokarst en Churapcha (Siberia) c) Lago thermokárstico poco profundo en el norte de Suecia (tomado de Vieira et al., 2008; Olefeldt et al., 2016; BBC, 2020)*

## **2. La importancia del estudio**

Fue a principios del siglo pasado, en el Congreso Geológico Internacional de Estocolmo de 1910, cuando se introdujo el concepto “ambiente periglacial” para referirse al clima y a los procesos geomorfológicos de las áreas periféricas a los hielos pleistocenos (Alonso, 2017). Posteriormente, se rompió con el criterio tradicional establecido entre ambientes fríos y glaciares, ampliando el concepto a zonas con suelo congelado alejadas de hielo descubierto. Finalmente, el término permafrost fue definido por la Asociación Internacional del Permafrost (IPA) en 1998 (Alonso, 2017). En definitiva, hasta este momento, el permafrost ha sido estudiado para su caracterización geotécnica como un elemento más de la criosfera (Alonso, 2017; Sjöberg et al., 2020), ya que la degradación del mismo puede tener un impacto directo sobre las infraestructuras humanas (Yang et al., 2010; Ma et al., 2011; Duvillard et al., 2015; Keuschnig et al., 2015; Shan et al.,

2015), que conduce a un aumento de los costes de desarrollo y mantenimiento de las mismas, afectando las condiciones de vida de las comunidades locales (Melvin et al., 2017; Hjort et al., 2018). La descongelación y la desaparición del permafrost deriva a la pérdida de resistencia del suelo, al aumento de la permeabilidad y al potencial desarrollo de procesos criogénicos como deslizamientos, desprendimientos y desarrollo de thermokarst (Nelson et al., 2001; Romanovskii et al., 2004; Yang et al., 2010; Lantuit et al., 2012; Arenson y Jakob, 2015; Jermyn y Geertsema, 2015; Li et al., 2015; Schoeneich et al., 2015; Jones et al., 2018). Estos cambios afectan principalmente al desarrollo de carreteras, líneas de ferrocarril y áreas residenciales (viviendas, tuberías y conducciones de gas natural) e indirectamente 3,6 millones de personas sufren las consecuencias de la degradación del permafrost (Hjort et al., 2018). En este contexto, se deberá implementar un programa integral de monitoreo a largo plazo a fin de crear cartografía detallada para la comprensión de los mecanismos causantes de la degradación del permafrost con el objetivo de prevenir estos daños y fortalecer las nuevas construcciones (Yang et al., 2010; Hjort et al., 2018).



*Figura VI.4. a) Hundimiento de vivienda en el norte de Fairbanks (Alaska). b), c) Derrumbamiento de edificios en la ciudad de Chersky (Rusia) a causa de la degradación del permafrost (tomado de Agencia Sinc, 2018; The Siberian Times, 2021)*

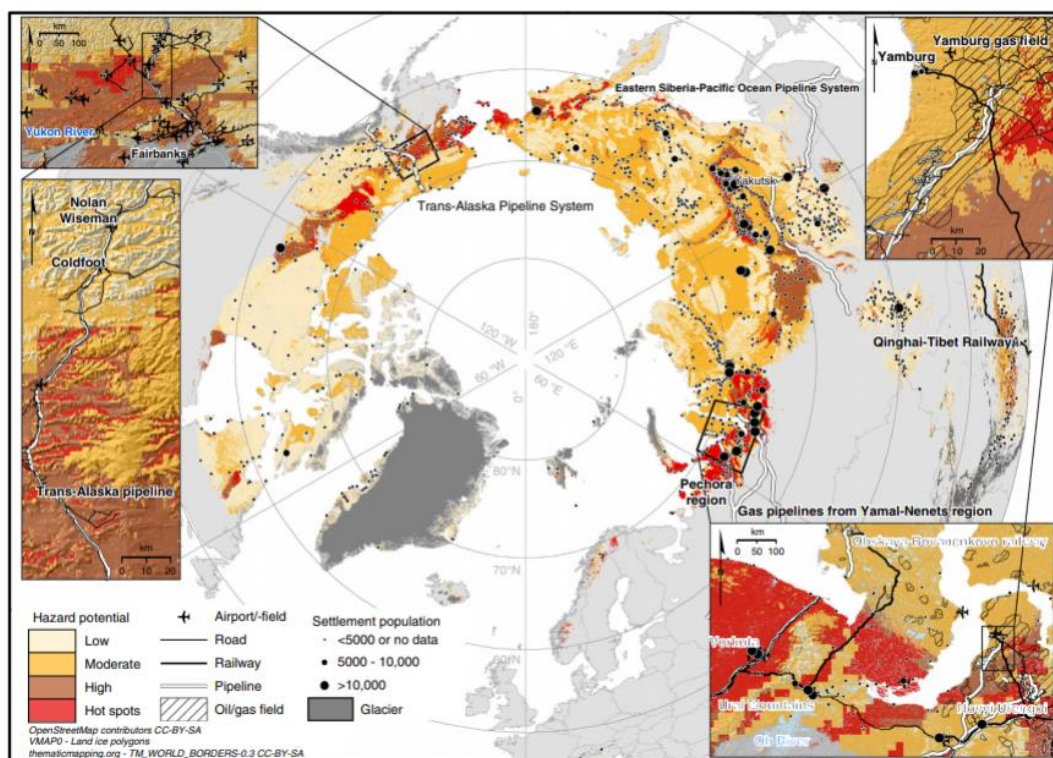


Figura VI.5. Áreas de potencial riesgo por daños a las infraestructuras en escenarios futuros (2041-2060) (tomado de Hjort et al., 2018)

El permafrost es uno de los más grandes depósitos de carbono orgánico (Schuur et al., 2008). La mayoría de los modelos climáticos anticipan un calentamiento significativo en muchos ambientes de latitudes altas acompañado de un aumento de las precipitaciones, principalmente concentradas durante la estación cálida (IPCC, 2014). Las condiciones más cálidas supondrán un inicio más temprano de la temporada de deshielo, lo que a su vez produciría períodos anuales sin nieve más largos (IPCC, 2014; Oliva et al., 2017). Por tanto, mayores precipitaciones junto con temperaturas más elevadas generaran una mayor escorrentía (IPCC, 2014; Oliva et al., 2017). Estas condiciones promueven un aumento de la temperatura del suelo, el retroceso de los glaciares y el espesamiento de la capa activa (IPCC, 2014; Oliva et al., 2017). En este escenario, los elementos naturales anteriormente no biodisponibles, quedan expuestos a la descomposición microbiana (Schuur et al., 2008), influyendo en el ciclo biogeoquímico global del carbono (Vieira et al., 2010) y liberando dióxido de carbono y metano a la atmósfera, contribuyendo así al aumento de la tasa de calentamiento global (Figura 6) (Davidson y Janssens, 2006; Oliva et al., 2017;



Hrbáček et al., 2020). En este contexto, la mayor parte de la investigación actual sobre el permafrost (del 2011 al 2017) (Sjöberg et al., 2020) se centra en la determinación de las reservas de carbono existentes y de los procesos que podrían transferir este carbono a la atmósfera debido a su vulnerabilidad al cambio causado por un clima cada vez más cálido, a fin de mejorar las predicciones del calentamiento global teniendo en cuenta esta retroalimentación positiva. En particular, el enfoque se centra en la sensibilidad de la descomposición de la materia orgánica del suelo dado su importancia en el ciclo global del carbono (Davidson y Janssens, 2006; Schuur et al., 2008; Tarnocai., 2009; Koven et al., 2011; Schmidt et al., 2011; Schuur et al., 2015). Los modelos punteros para la determinación de la descomposición y la dinámica de carbono del suelo son CENTURY, ROTH-C y ORCHIDEE, acompañados de base de datos NCSCD (Tarnocai et al., 2009; Koven et al., 2011; Schmidt et al., 2011).

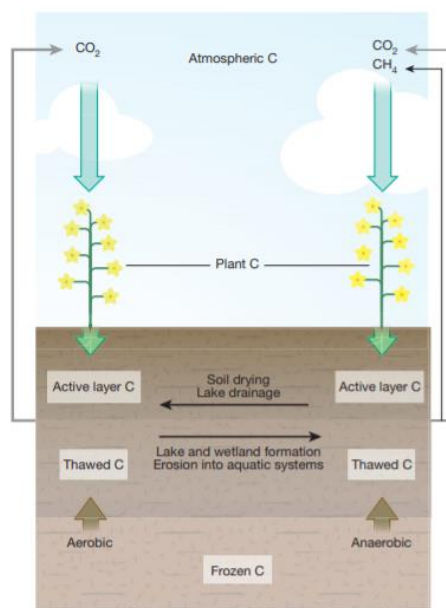
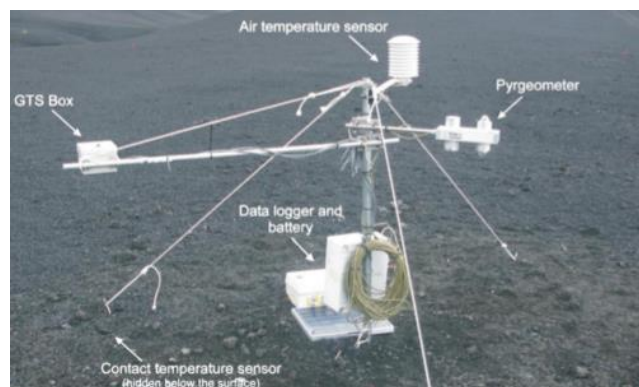


Figura VI. 6. Características que regulan la contribución del permafrost al cambio climático (tomado de Schuur et al., 2015)

En las regiones polares, el permafrost y la dinámica de la capa activa también controlan la interacción entre los ecosistemas lacustres y terrestres (Oliva et al., 2017). Los procesos limnológicos están influenciados por un conjunto complejo de mecanismos de retroalimentación impulsados por las condiciones climáticas (por ejemplo, la productividad biológica o la capa de hielo del lago) y otros

factores directamente controlados por el permafrost (por ejemplo, procesos hidrológicos, geomorfológicos y sedimentológicos) (Oliva et al., 2017). Por lo tanto, el permafrost controla los procesos geomórficos, que a su vez influyen en los procesos limnológicos y los patrones de sedimentación de los lagos (Oliva et al., 2017).

Finalmente, la Antártida se utiliza en numerosas ocasiones como análogo planetario. Sus condiciones de meteorología extrema y aislamiento (Gilichinsky, 2002; Demidov y Gilichinsky, 2009) han sido utilizadas para la verificación de sensores que posteriormente forman parte de misiones planetarias, como es el caso de Marte (Ramos et al., 2012). De hecho, los glaciares cubiertos de piroclastos volcánicos de la Isla Decepción fueron establecidos como un análogo de los glaciares cubiertos de Marte (de Pablo, 2015). Por otro lado, con el objetivo de crear un método indirecto para conocer la distribución de la capa activa a partir de las medidas superficiales de temperatura y que este puede ser extrapolado a Marte, durante dos campañas antárticas (2008 y 2009) se realizaron varias experiencias de ensayo y calibración de los sensores de temperatura del suelo mediante el sensor de infrarrojos GTS-REMS en el sitio CALM-S de la Isla Decepción ubicado cerca de Crater Lake (Figura VI.7). GTM-REMS es un sensor de la temperatura del suelo que forma parte de un instrumento a bordo del Rover Curiosity de la NASA, diseñado para medir la presión ambiental, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la radiación ultravioleta y las  $T^a$  del aire y del suelo (Ramos et al., 2012).



*Figura VI.7. Despliegue de la prueba de campo REMS GTS en el sitio CALM-S, ubicado cerca de Crater Lake en la Isla Decepción a 112 m.s.n.m., en un terreno plano con escombros volcánicos y cenizas en la superficie (tomado de Ramos et al., 2012).*

### **3. El permafrost en la Antártida**

Generalmente los estudios sobre permafrost quedan limitados a los ecosistemas circumpolares del ártico, ya que estas regiones son cruciales para el ciclo global del carbono al ser terrenos ricos en materia orgánica (Davidson y Janssens, 2006; Schuur et al., 2008, 2015; Tarnocai et al., 2009; Koven et al., 2011; McGuire et al., 2017). Las temperaturas en estas regiones han aumentado dos veces más rápido que el promedio mundial en las últimas décadas, exponiendo ese carbono orgánico a la descomposición microbiana (Brown y Romanovsky, 2008; Schuur et al., 2015) y contribuyendo al aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> ciclo del carbono (Davidson y Janssens, 2006; Brown y Romanovsky, 2008; Schuur et al., 2008, 2015; Tarnocai et al., 2009; Koven et al., 2011).

El permafrost antártico se encuentra distribuido en escasas zonas libres de hielo de las Montañas Transantárticas, Península Antártica y pequeños parches de relieves montañosos en distintos puntos de la periferia del continente blanco (Vieira et al., 2010). Por lo tanto, una caracterización del estado térmico del suelo antártico es necesaria, ya que este terreno en un escenario de desglaciación puede funcionar como sumidero de carbono a largo plazo (Vieira et al., 2010). Además, una mejor comprensión de los efectos del cambio climático en el permafrost antártico cobra importancia en las infraestructuras de áreas costeras, donde las inversiones financieras son considerables (Vieira et al., 2010).

En 2004, la red de monitoreo de permafrost antártico constaba de 21 perforaciones: nueve de los sitios estaban ubicados en el Valle Seco de McMurdo (MDV), cinco en Northern Victoria Land, cuatro en la Península Antártica (PA) y tres en Queen Maud Land (Vieira et al., 2010). El número total de perforaciones en la Antártida aumentó de 21 en 2004 a 73 al final del Año Polar Internacional (API) (Figura VI.8) (Vieira et al., 2010).

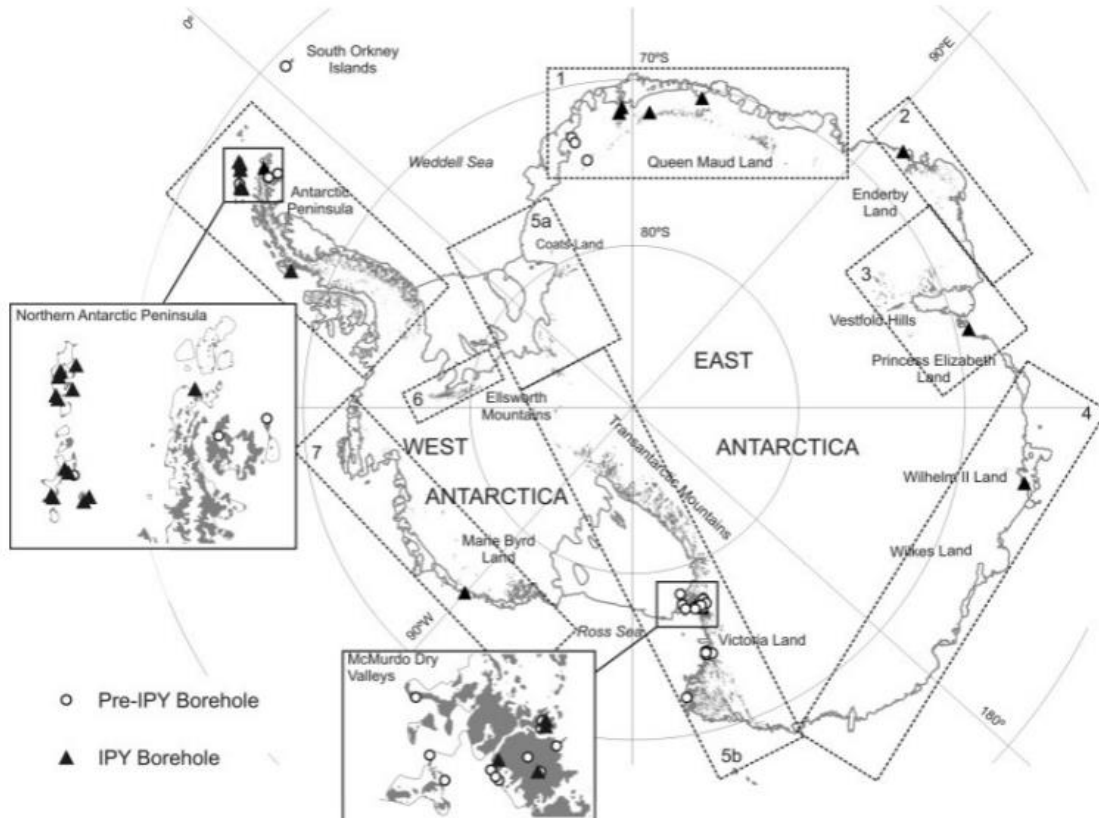


Figura VI.8. Sitios de monitoreo del permafrost antártico antes y después del API (tomado de Vieira et al., 2010)

Las Montañas Transantárticas son la región con un mayor desarrollo de la investigación sistemática del permafrost, comenzando con el Proyecto de Perforación del MDV a principios de la década de 1970 (Vieira et al., 2010). La región de la PA recibió mayores esfuerzos de monitoreo del permafrost durante el API, centrando su actividad en la Islas Shetland del Sur (Vieira et al., 2010), concretamente en las islas Livingston y Decepción (Figura 9) (Ramos et al., 2008; Vieira et al., 2008; Bockheim et al., 2013; de Pablo et al., 2013; de Pablo et al., 2014; Oliva et al., 2017; Ramos et al., 2017; Ferreira et al., 2017; Farzamian et al., 2020; Hrbáček et al., 2020). Los estudios sobre el permafrost en la Península Antártica son de especial interés por las siguientes razones:

- 1) La mayor parte de la investigación sobre el permafrost se ha centrado en el hemisferio norte, por lo que se pretende ampliar las áreas monitoreadas (Bockheim y Hall, 2004; Guglielmin, 2006; Vieira et al., 2008; Vieira et al., 2010; Ramos et al., 2012; Bockheim et al., 2013).



- 2) La península Antártica es una de las pocas áreas libres de hielo de la Antártida, lo que es importante porque el permafrost es estable si hay hielo sobre él, y permite investigar la capa activa (Vieira et al., 2010; Bockheim et al., 2013).
- 3) Está cerca del límite norte del permafrost antártico, donde las temperaturas medias anuales del aire (MAAT) son ligeramente negativas al nivel del mar y temperaturas del suelo son cercanas a los 0 °C y, por lo tanto, el permafrost es más sensible al cambio climático (Oliva et al., 2017; Ramos et al., 2017; Hrbáček et al., 2020).

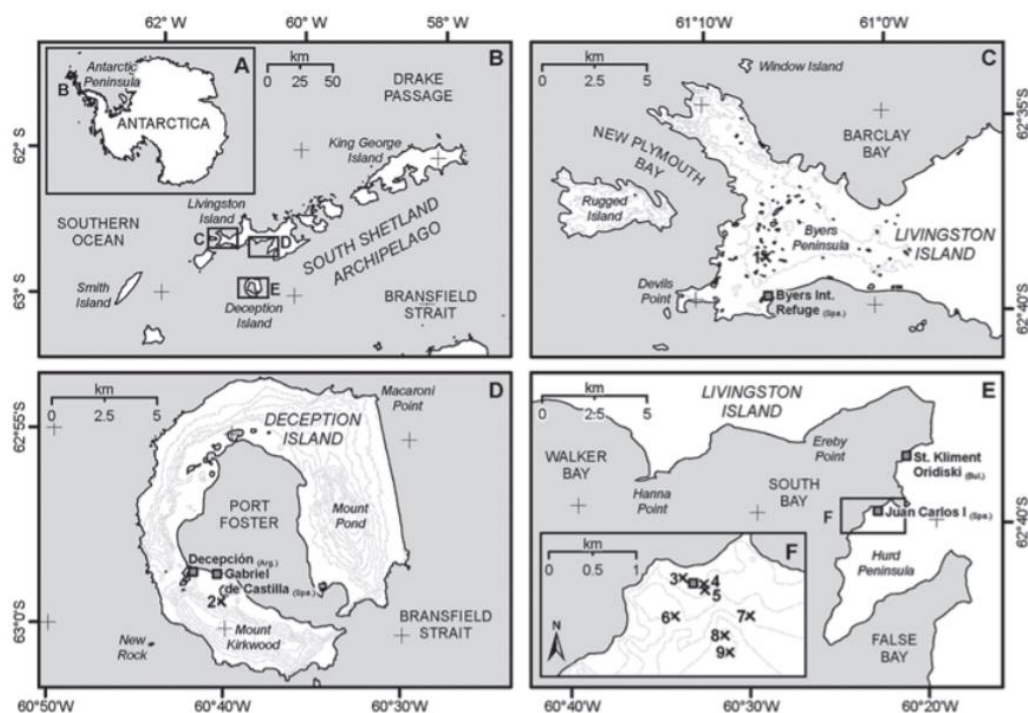


Figura VI.9. Localización de las islas Livingston y Decepción en el archipiélago de las Shetland del Sur (tomado de de Pablo et al., 2016)

Para la comprensión de la distribución del permafrost en la Antártida, el monitoreo del mismo y el de la capa activa ha estado acompañado de varios enfoques. Se llevan a cabo perforaciones en el terreno para la instalación de sensores de temperatura a distintas profundidades en series temporales largas (décadas). Año a año, durante las campañas antárticas se lleva a cabo la medición y el cálculo de las temperaturas máximas, mínimas y medias para la construcción de los perfiles verticales térmicos de temperatura (Figura 13) (de Pablo et al., 2013; de Pablo et al., 2014; de Pablo et al., 2016; Hrbáček et al.,

2016; Ferreira et al., 2017; Oliva et al., 2017; Ramos et al., 2017; Hrbáček et al., 2020). La estructura del suelo con permafrost sigue un gradiente geotérmico en donde se diferencian tres zonas: la base del permafrost (no criótica, es decir, con una temperatura superior a 0°C), el permafrost (criótico, donde se encuentra la profundidad de amplitud anual cero (ZAA) y la capa activa, con temperaturas variables positivas y negativas (Kimble, 2004).

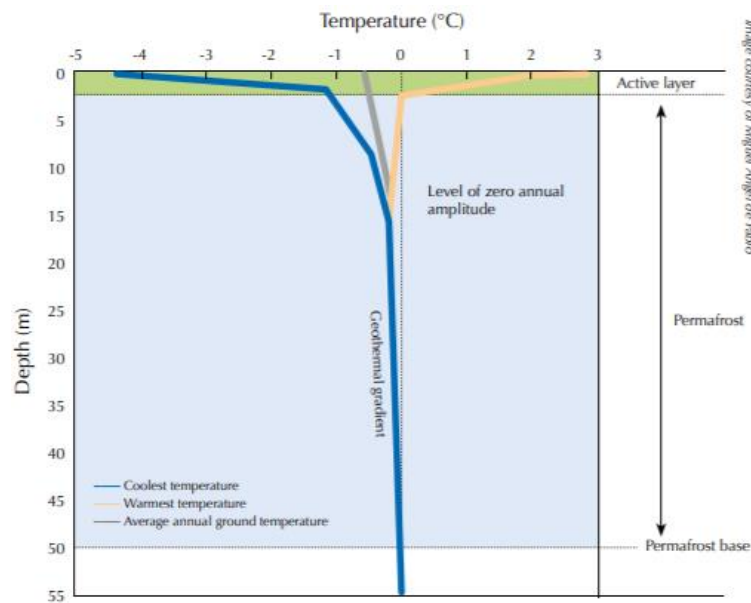


Figura VI.10. Perfil térmico de temperatura (tomado de de Pablo et al., 2012).

Como alternativa al monitoreo de la capa activa a partir de sondeos, se procede al monitoreo geofísico 2-D. Un ejemplo de ello es la tomografía de resistividad eléctrica (ERT) que permite monitorear la variabilidad espaciotemporal en las características de congelación y descongelación de la capa activa y el permafrost, como el instalado en el CALM-S de Crater Lake (Farzamian et al., 2020). ERT se basa en el empleo de electrodos colocados en la superficie del suelo que miden repetidamente la resistividad eléctrica. Los electrodos proporcionan una imagen 2-D que permite evaluar la ocurrencia del permafrost húmedo (Farzamian et al., 2020).

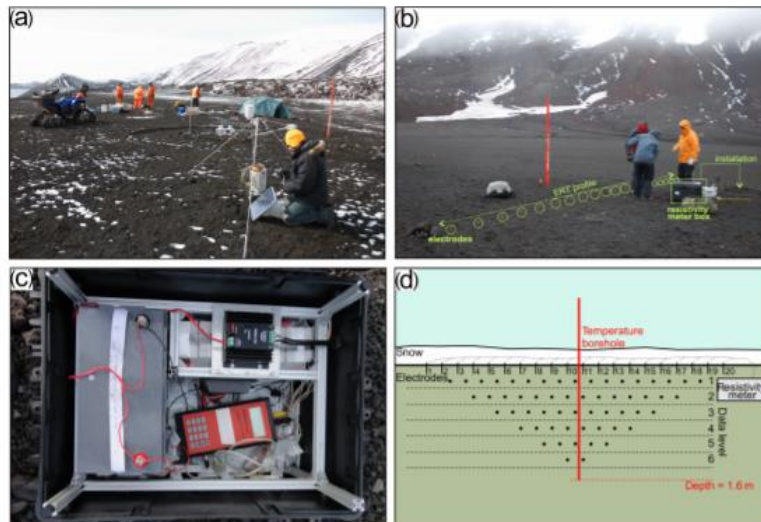


Figura VI.11. a) Descripción general del sitio CALM-S y (b) Instalación del sistema de monitoreo A-ERT en el sitio CALM-S. Los electrodos están enterrados en el suelo y están conectados a la caja del medidor de resistividad mediante cables enterrados. (c) Caja del medidor de resistividad; el instrumento 4POINTLIGHT\_10W está conectado a una batería alimentada por paneles solares y conectores de varios electrodos. (d) Una representación esquemática de la resistividad medida (pseudosección) en el sitio CALM-S usando una configuración de electrodo Wenner (tomado de Farzamian et al., 2020)

#### 4. Gestión y protocolos internacionales

Ante la falta de información sobre las propiedades del permafrost y los cambios en la dinámica de la capa activa en la mayor parte de la Antártida (Bockheim y Hall, 2004; Guglielmin, 2006; Vieira et al., 2008; Vieira et al., 2010; Ramos et al., 2012; Bockheim et al., 2013), han sido considerables los esfuerzos realizados por la comunidad científica, y en concreto por la Asociación Internacional de Permafrost (IPA), encaminados al estudio de la evolución del permafrost y su sensibilidad a la variabilidad climática en la zona de la península antártica y la Antártida marítima (de Pablo et al., 2013; International Permafrost Association, 2018a; Ramos et al., 2010b; Vieira et al., 2010). En este contexto, y como resultado del tercer Año Polar Internacional del 2007-2008 se fortaleció la Red Terrestre Global para Permafrost (GTN-P). Esta iniciativa, encuadrada dentro del marco de la IPA (Vieira et al., 2010, International Permafrost Association, 2018b), estableció una línea base de referencia de temperatura para el permafrost y condujo a un aumento en el número de pozos accesibles utilizados para el monitoreo de la temperatura. El conjunto de datos recopilados ha facilitado la evaluación de las tendencias en las temperaturas del permafrost y también

puede contribuir a una mejor representación de la dinámica del permafrost en los modelos climáticos y la reducción de la incertidumbre en la predicción de condiciones futuras (ej., Biskaborn et al., 2019). La base de datos GTN-P es la base de datos central gratuita y de código abierto para las observaciones del permafrost y cuenta con más de 200 sitios de Monitoreo de Capa Activa Circumpolar (CALM), además del componente de campo del Estado térmico del Permafrost (TSP) (International Permafrost Association, 2018b).

Otra de la figura de especial relevancia es el comité permanente de Permafrost Antártico, Ambientes periglaciares y Suelos (ANTPAS), coordinado por la IPA (International Permafrost Association, 2018c). ANTPAS a su vez, representa un grupo de expertos del Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR) (International Permafrost Association, 2018c), creado en 1958 y encargado de iniciar, desarrollar y coordinar la investigación científica internacional en la región antártica (SCAR, 2021). El SCAR proporciona asesoramiento científico objetivo e independiente a las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico y a otras organizaciones como la Conferencia de la ONU sobre Cambio Climático y El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático sobre cuestiones de ciencia y conservación que afectan la gestión de la región Antártica en el sistema terrestre (SCAR, 2021).

El programa internacional CALM, está constituido por una red de observatorios para el estudio de la respuesta de la capa activa y el permafrost al cambio climático. Estos observatorios se desarrollan principalmente en regiones polares y de alta montaña, con una mayor incidencia en el hemisferio norte. En un esfuerzo por potenciar las instalaciones asociadas a la Antártida, surge el subgrupo CALM-S, que cuenta con las mismas estrategias generales que el programa global CALM (Ramos et al., 2010a; International Permafrost Association, 2018d). Los sitios CALM tienen como objetivo identificar la variabilidad espacial del espesor de la capa activa (ALT) y los efectos de control de parámetros como la topografía, las propiedades físicas del suelo, la vegetación, la hidrología y la capa de nieve (International Permafrost Association, 2018d). El monitoreo de la capa activa (CALM) se lleva a cabo generalmente en una cuadrícula de 100 × 100 m con nodos cada 10 m, donde



la profundidad del deshielo (TD) se mide mediante sondas mecánicas cerca del final de la temporada de deshielo (Figura 10) (Brown et al., 2000; Matsuoka y Humlum, 2003; Nelson et al., 2004; Nelson y Shiklomanov 2010).

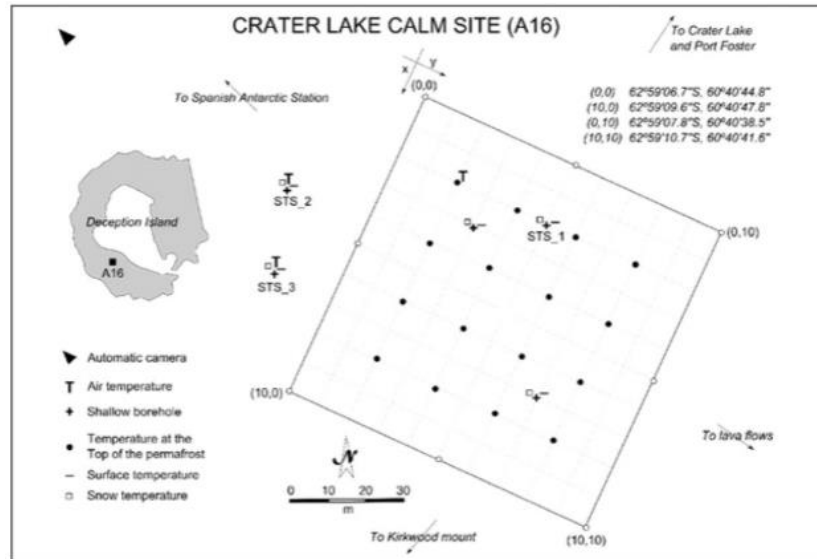


Figura VI.12. Configuración espacial de la instrumentación del sitio CALMS-S en Crater Lake (tomado de Ramos et al., 2017)

El programa de control del Estado Térmico del Permafrost (TSP) tiene por objetivo la instalación de estaciones de medida asociadas a perforaciones de profundidad mayor que la de amplitud térmica anual cero (ZAA) en zonas de permafrost de ambos hemisferios. El conjunto de datos obtenidos servirá para la evaluación de la tasa de cambio de las temperaturas del permafrost y la distribución, necesario para validar los escenarios del modelo climático y suscribir las investigaciones con el objetivo de optimizar la comprensión de la dinámica del permafrost (Ramos et al., 2010b; International Permafrost Association, 2018e).

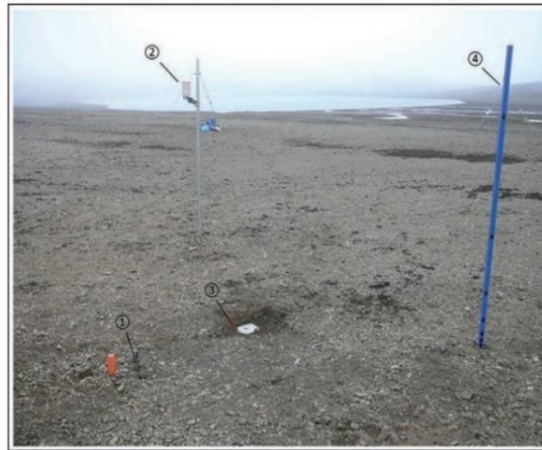


Figura VI.13. Ejemplo de una estación de monitoreo del estado térmico del permafrost (TSP), que incluye (1) una perforación para la toma de datos de la temperatura del suelo, (2) la temperatura del aire, (3) temperatura de la superficie del suelo y (4) espesor de la nieve obtenida a partir de la temperatura del aire a diferentes alturas (tomado de de Pablo et al., 2016)

Uno de los equipos ANTPAS integrado por investigadores españoles de la Universidad de Alcalá y que colaboran con investigadores de Portugal, Rusia, Suiza, y República Checa ha instalado estaciones CALM y TSP en las Islas Livingston y Decepción del Archipiélago de las Shetland del Sur (ej., de Pablo et al., 2013, 2014; Ramos et al., 2017; Oliva et al., 2017). El sitio de CALM-S más relevante es el ubicado en Crater Lake (Isla Decepción), cercano a la base antártica española Gabriel de Castilla (Vieira et al., 2008; Ramos et al., 2017; Farzamian et al., 2020).

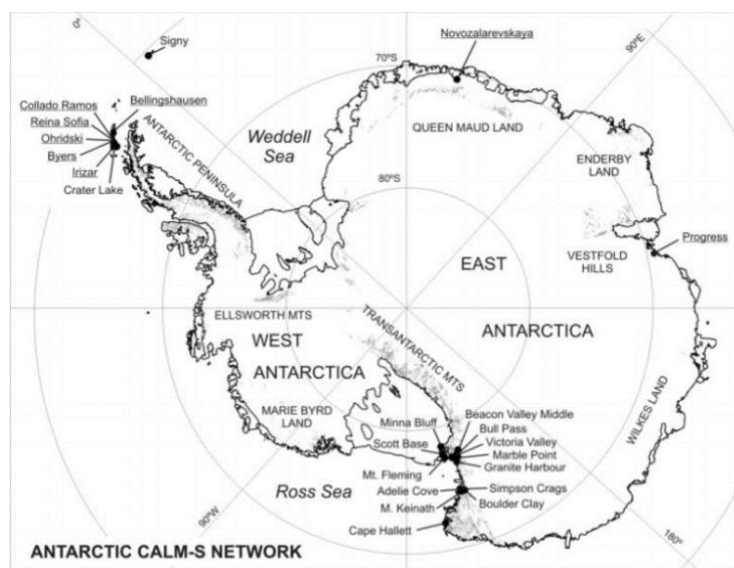


Figura VI.14. Red de Monitoreo de la Capa Activa Circumpolar Antártica (CALM-S). Los nuevos sitios instalados durante el API están subrayados (tomado de Vieira et al., 2010)

## 5. Referencias

- Agafonov, L., Strunk, H., & Nuber, T. (2004) Thermokarst dynamics in Western Siberia: insights from dendrochronological research. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 209 (1-4), 183-196.
- Agencia Sinc (2018) *Las construcciones del Ártico están en peligro por el deshielo del permafrost* [en línea] Disponible en: <<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Las-construcciones-del-Artico-estan-en-peligro-por-el-deshielo-del-permafrost#top>> [consulta: 12 mayo 2021]
- Alonso, V. (2017) El permafrost, un suelo congelado afectado por las variaciones climáticas del Cuaternario. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(1), 48-48.
- Ananicheva, M., Callaghan, T. V., Dahl-Jensen, D., Gerland, S., Granskog, M. A., Hovelsrud, G. K., ... y Macdonald, R. (2011). *Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Climate change and the cryosphere*. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP).
- Andersland, O. B., y Ladanyi, B. (2004) Frozen ground engineering, 2nd ed., John Wiley & Sons Inc.
- Arenson, L. U., y Jakob, M. (2015) Periglacial geohazard risks and ground temperature increases. In *Engineering Geology for Society and Territory*. 1, 233-237.
- Biskaborn, B. K., Smith, S. L., Noetzli, J., Matthes, H., Vieira, G., Streletskiy, D. A., ... y Lantuit, H. (2019). Permafrost is warming at a global scale. *Nature communications*, 10 (1), 1-11.
- Bockheim, J.G, Vieira, G., Ramos, M., López-Martínez, J., Serrano, E., Guglielmin, M., Wilhelm, K. y Nieuwendam, A. (2013). Climate warming and permafrost dynamics in the Antarctic Peninsula region. *Global and Planetary Change*, 100, 215-223.

- Bockheim, J.G. y Hall, K.J. (2004) Permafrost active layer dynamics and periglacial environments of continental Antarctica. *South African Journal of Science*, 98, 82–90.
- Brown, J. y Romanovsky, V. E. (2008). Report from the International Permafrost Association: state of permafrost in the first decade of the 21st century. *Permafrost Periglacial Processes*, 19, 255–260
- Brown, J., Ferrians, O.J., Heginbottom, J.A., y Melnikov E.S. (1997) *Circum-Arctic map of permafrost and ground-ice conditions*. Washington: Geological Survey in Cooperation with the Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources.
- Brown, J., Hinkel, K. M. and Nelson, F. E. (2000) The circumpolar active layer monitoring (CALM) program: research designs and initial results. *Polar geography*, 24 (3), 166-258.
- Czudek, T., y Demek, J. (1970) Thermokarst in Siberia and its influence on the development of lowland relief. *Quaternary Research*, 1 (1), 103-120.
- Davidson, E. A., y Janssens, I. A. (2006) Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 440 (7081), 165-173.
- de Pablo, M. A., Blanco, J. J., Molina, A., Ramos, M., Quesada, A., y Vieira, G. (2013) Interannual active layer variability at the Limnopolar Lake CALM site on Byers Peninsula, Livingston Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 25 (2), 167.
- de Pablo, M. A., Ramos, M., Molina, A., Vieira, G., Hidalgo, M. A., Prieto, M., Jiménez, J.J., Fernández, S., Recondo, C., Calleja, J.F., y Mora, C. (2016). Frozen ground and snow cover monitoring in the South Shetland Islands, Antarctica: Instrumentation, effects on ground thermal behaviour and future research. *Cuadernos de investigación geográfica*, 42(2), 475.
- de Pablo, M. A., Ramos, M., Vieira, G., y Molina, A. (2012) Revealing the secrets of permafrost. *Science in School*, 22, 17-22.



- de Pablo, M. A., Ramos, M., y Molina, A. (2014) Thermal characterization of the active layer at the Limnopolar Lake CALM-S site on Byers Peninsula (Livingston Island), Antarctica. *Solid Earth*, 5 (2), 721-739.
- de Pablo, M.A (2015) *Glacial geomorphology of the flank of the Hecates Tholus Volcano, Mars*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense
- de Pablo, M.A., Ramos, M., Molina, A., (2017) Snow cover evolution, on 2009-2014, at the limnopolar lake CALM-S site on Byers peninsula, Livingston island, Antarctica. *Catena*, 149, 538–547.
- Demidov, N. E., y Gilichinsky, D. A. (2009) Terrestrial permafrost models and analogues of Martian habitats and inhabitants. *Permafrost Soils*, 323- 341.
- Dobinski, W. (2011). Permafrost. *Earth-Science Reviews*, 108(3-4), 158-169
- Duvillard, P. A., Ravanel, L., y Deline, P. (2015) Risk assessment of infrastructure destabilization in context of permafrost in the French Alps. *Engineering Geology for Society and Territory*, 1, 297-300.
- Farzamian, M., Vieira, G., Monteiro Santos, F. A., Yaghoobi Tabar, B., Hauck, C., Paz, M. C., Bernardo, I., Ramos, M., y de Pablo, M. Á. (2020) Detailed detection of active layer freeze–thaw dynamics using quasi-continuous electrical resistivity tomography (Deception Island, Antarctica). *The Cryosphere*, 14 (3), 1105-1120.
- Ferreira, A., Vieira, G., Ramos, M., y Nieuwendam, A. (2017). Ground temperature and permafrost distribution in Hurd Peninsula (Livingston Island, Maritime Antarctic): An assessment using freezing indexes and TTOP modelling. *Catena*, 149, 560-571.
- Gilichinsky, D. A. (2002) Permafrost model of extraterrestrial habitat. *Astrobiology*, 125-142.
- Guglielmin M (2006) Ground surface temperature (GST), active layer, and permafrost monitoring in continental Antarctica. *Permafrost and Periglacial Processes*, 17(2), 133–143.

- Hjort, J., Karjalainen, O., Aalto, J., Westermann, S., Romanovsky, V. E., Nelson, F. E., Etzelmüller, B., y Luoto, M. (2018). Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century. *Nature communications*, 9(1), 1-9.
- Hrbáček, F., Nývlt, D., Láská, K., Kňážková, M., Kampová, B., Engel, Z., Oliva, M., Mueller, C.W., (2019) Permafrost and active layer research on James Ross Island: an overview. *Czech Polar Reports*, 9 (1), 20–36.
- Hrbáček, F., Oliva, M., Ruiz-Fernández, J., Kňážková, M., y de Pablo, M. Á. (2020) Modelling ground thermal regime in bordering (dis) continuous permafrost environments. *Environmental research*, 181.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) (2014) *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: IPPC.
- International Permafrost Association (2018a) *About the International Permafrost Association* [en línea] Disponible en: <<https://ipa.arcticportal.org/about-the-ipa>> [consulta: 13 febrero 2021]
- International Permafrost Association (2018b) *International Advisory Committee (A/C)* [en línea] Disponible en: <<https://ipa.arcticportal.org/activities/1530-site-content>> [consulta: 13 febrero 2021]
- International Permafrost Association (2018c) *Permafrost, Periglacial and Soil Environments' (ANTPAS)* [en línea] Disponible en: <<https://ipa.arcticportal.org/about-the-ipa/standing-committees/antpas>> [consulta: 13 febrero 2021]
- International Permafrost Association (2018d) *Circumpolar Active Layer Monitoring Network (CALM)* [en línea] Disponible en: <<https://ipa.arcticportal.org/activities/gtn-p/calm/16-calm>> [consulta: 13 febrero 2021]
- International Permafrost Association (2018e). *Thermal State of Permafrost (TSP)* [en línea] Disponible en: <<https://ipa.arcticportal.org/activities/gtn-p/tsp/15-tsp.html>> [consulta: 13 febrero 2021]

- Jermyn, C., y Geertsema, M. (2015) An Overview of Some Recent Large Landslide Types in Nahanni National Park, Northwest Territories, Canada. In *Engineering Geology for Society and Territory*-Volume. 1, 315-320.
- Jones, A., V. Stolbovoy, C. Tarnocai, G. Broll, O. Spaargaren y L. Montanarella (2009) Soil Atlas of the Northern Circumpolar Region. En: *European Commission, Office for Official Publications of the European Communities*. Luxemburgo, 142.
- Jones, B. M., Farquharson, L. M., Baughman, C. A., Buzard, R. M., Arp, C. D., Grosse, G., ... & Kasper, J. L. (2018) A decade of remotely sensed observations highlight complex processes linked to coastal permafrost bluff erosion in the Arctic. *Environmental Research Letters*, 13(11), 115001.
- Keuschnig, M., Hartmeyer, I., Höfer-Öllinger, G., Schober, A., Krautblatter, M., y Schrott, L. (2015) Permafrost-related mass movements: Implications from a rock slide at the Kitzsteinhorn, Austria. *Engineering Geology for Society and Territory*, 1, 255-259.
- Kimble, J. (2004). Cryosols: permafrost-affected soils. *Springer Science & Business Media*, 391-408.
- Koven, C. D., Ringeval, B., Friedlingstein, P., Ciais, P., Cadule, P., Khvorostyanov, D., Krinner, G., y Tarnocai, C. (2011) Permafrost carbon-climate feedbacks accelerate global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(36), 14769-14774.
- Lantuit, H., Overduin, P. P., Couture, N., Wetterich, S., Aré, F., Atkinson, D., ... & Vasiliev, A. (2012). The Arctic coastal dynamics database: a new classification scheme and statistics on Arctic permafrost coastlines. *Estuaries and Coasts*, 35(2), 383-400.
- Li, T., Xing, X., & Li, P. (2015). The landslides induced by the released inclusion water of the frozen soil in the side of the Heifangtai loess platform, Gansu Province, China. *Engineering Geology for Society and Territory*. 1, 217-221.

- Matsuoka, N. y Humlum, O. (2003) Monitoring periglacial processes: new methodology and technology. *Permafrost and Periglacial Processes*, 14, 299–303.
- Melvin, A. M., Larsen, P., Boehlert, B., Neumann, J. E., Chinowsky, P., Espinet, X., Martinich, J., Baumann, M.S., Rennels, L., Bothner, A., Nicolsky, D.J., y Marchenko, S.S (2017) Climate change damages to Alaska public infrastructure and the economics of proactive adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (2), 122-131.
- Morgenstern, A., Grosse, G., Günther, F., Fedorova, I., y Schirrmeister, L. (2011) Spatial analyses of thermokarst lakes and basins in Yedoma landscapes of the Lena Delta. *The Cryosphere Discussions*, 5, 1495-1545.
- Nelson, F. E., Anisimov, O. A., y Shiklomanov, N. I. (2001) Subsidence risk from thawing permafrost. *Nature*, 410(6831), 889-890.
- Nelson, F.E., Shiklomanov, N.I., (2010) The circumpolar active layer monitoring network—CALM III (2009–2014): long-term observations on the climate-active layer-permafrost system. En: *Proceedings of II Iberian Conference of the International Permafrost Association Periglacial, Environments, Permafrost and Climate Variability*. UAH. Ed. por Blanco, J.J., Ramos, M., de Pablo, M.A. 9–15.
- Nelson, F.E., Shiklomanov, N.I., Hinkel, K. y Christiansen, H. (2004) Introduction: the Circumpolar Active Layer Monitoring Network (CALM) workshop and CALM II program. *Polar Geography*, 28, 253–266.
- Oliva, M., Hrbacek, F., Ruiz-Fernández, J., de Pablo, M. Á., Vieira, G., Ramos, M., y Antoniades, D. (2017) Active layer dynamics in three topographically distinct lake catchments in Byers Peninsula (Livingston Island, Antarctica). *Catena*, 149, 548-559.
- Osterkamp, T. E. y Burn, C. R., (2014) Permafrost. *Encyclopedia of atmospheric sciences* (1), 1717-1729.
- Ramos, M., De Pablo, M. A., Sebastian, E., Armiens, C., y Gómez-Elvira, J. (2012) Temperature gradient distribution in permafrost active layer, using



a prototype of the ground temperature sensor (REMS-MSL) on deception island (Antarctica). *Cold regions science and technology*, 72, 23-32.

Ramos, M., Vieira, G., Blanco, J.J., Gruber, S., Hauck, C., Hidalgo, M.A., Tome, D. (2008) Active layer temperature monitoring in two boreholes in Livingston Island, Maritime Antarctic: first results for 2000–2006. En: *Ninth International Conference on Permafrost*. Ed. por Kane, D.L., Hinkel, K.M. Alaska: Extended Abstracts, 1463–1467.

Ramos, M., Vieira, G., de Pablo, M. A., Molina, A., Abramov, A. y Goyanes, G. (2017) Recent shallowing of the thaw depth at Crater Lake, Deception Island, Antarctica (2006–2014). *Catena*, 149, 519-528.

Ramos, M., Vieira, G., Gruber, S., de Pablo, M. A., y Correia, A. (2010b). Estado térmico del permafrost en el monte Reina Sofía, primer año de registro continuo. Isla Livingston (Antártida).

Ramos, M., Vieira, G., Guilichinski, D., y de Pablo, M. A. (2010a). Nuevas estaciones de medida del régimen térmico del permafrost en el área de “Crater Lake. Isla Decepción (Antártida). Resultados preliminares”. In *Proceedings of II Iberian Conference of the International Permafrost Association Periglacial, environments, permafrost and climate variability*, 93-109.

Romanovskii, N. N., Hubberten, H. W., Gavrillov, A. V., Tumskoy, V. E., y Kholodov, A. L. (2004) Permafrost of the east Siberian Arctic shelf and coastal lowlands. *Quaternary Science Reviews*, 23(11-13), 1359-1369.

Schmidt, M. W., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., Kleber, M., Kogel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D., Nannipieri, P., Rasse, D.P., Weiner, S., y Trumbore, S. E. (2011) Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478 (7367), 49-56.

Schoeneich, P., Bodin, X., Echelard, T., Kaufmann, V., Kellerer-Pirklbauer, A., Krysiecki, J. M., y Lieb, G. K. (2015) Velocity changes of rock glaciers and

36 induced hazards. In *Engineering Geology for Society and Territory*. 1, 223-227.

Schuur, E. A., Bockheim, J., Canadell, J. G., Euskirchen, E., Field, C. B., Goryachkin, S. V., Hagemann S., Kuhry P., Lafleur P. M., Lee H., Mazhitova G., Nelson F. E., Rinke A., Romanovsky V. E, Shiklomanov N., Tarnocai C., Venevsky S., Vogel J. G y Zimov, S. A. (2008) Vulnerability of permafrost carbon to climate change: Implications for the global carbon cycle. *BioScience*, 58(8), 701-714.

Schuur, E. A., McGuire, A. D., Schädel, C., Grosse, G., Harden, J. W., Hayes, D. J., Hugelius, G., Koven, C. D., Kuhry, P., Lawrence, D. M., Natali, S.M., Olefeldt, D., Romanovsky, V.E., Schaefer, K., Turetsky, M. R., Treay, C.C., y Vonk, J. E. (2015). Climate change and the permafrost carbon feedback. *Nature*, 520 (7546), 171-179.

Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) *Bienvenido al Comité Científico de Investigaciones Antárticas* [en línea] Disponible en: <<https://www.scar.org/>> [consultado 08 junio 2021]

Shan, W., Hu, Z., Guo, Y., Zhang, C., Wang, C., Jiang, H., ... y Xiao, J. (2015) The impact of climate change on landslides in southeastern of high-latitude permafrost regions of China. *Frontiers in Earth Science*, 3, 7.

Sjöberg, Y., Siewert, M. B., Rudy, A. C., Paquette, M., Bouchard, F., Malenfant-Lepage, J., y Fritz, M. (2020). Hot trends and impact in permafrost science. *Permafrost and Periglacial Processes*, 31(4), 461-471.

Tarnocai, C., Canadell, J. G., Schuur, E. A., Kuhry, P., Mazhitova, G., y Zimov, S. (2009) Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global biogeochemical cycles*, 23 (2).

The Siberian Times (2021) *Building breaks in middle and collapses 10 metres as thawing permafrost no longer supports stilts* [en línea] Disponible en: <<https://siberiantimes.com/other/others/news/building-breaks-in-middle-and-collapses-10-metres-as-thawing-permafrost-no-longer-supports-stilts/>> [consulta: 23 marzo 2021]

- van Everdingen, R.O. (1998). Multi-Language glossary of permafrost and related ground-ice terms. *International Permafrost Association*.
- Vieira, G., López-Martínez, J., Serrano, E., Ramos, M., Gruber, S., Hauck, C., y Blanco, J.J. (2008). Geomorphological observations of permafrost and ground-ice degradation on deception and Livingston Islands, Maritime Antarctica. *Proceedings of the 9th International Conference on Permafrost, 29 June–3 July 2008*, 1, 1839–1844.
- Yang, M., Nelson, F. E., Shiklomanov, N. I., Guo, D., y Wan, G (2010). Permafrost degradation and its environmental effects on the Tibetan Plateau: A review of recent research. *Earth-Science Reviews*, 103 (1-2), 31-44.

## **Anexo VII. Curso online en *twitter*: “PRIMER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST”**

### **INTRODUCCIÓN**

¿Sabes qué es el permafrost? ¿Has oído hablar de él? Si estás interesado en el tema o quieres aprender algo nuevo, te proponemos participar en el 1ER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST #1CIP y ... ¡GRATIS!

El curso incluye 4 bloques de contenido básico sobre el permafrost, su estudio en la Antártida y su papel en el calentamiento global:

- 1) Definiciones y conceptos
- 2) La importancia del estudio
- 3) Gestión y protocolos internacionales
- 4) Métodos
- 5) El permafrost en la Antártida

El #1CIP tendrá una duración de 5 semanas (una para cada bloque de contenido) con inicio el XX de XX de 2021 y finalización el XX de XX de 2021. La idea principal es publicar un tweet por día de la semana, pero en ciertas ocasiones, abriremos hilos para una mayor comprensión.

Al acabar el curso se otorgará un documento simbólico de finalización de estudios. Para obtenerlo solo tienes que seguir estos sencillos pasos:

- Leer los tweets que empiecen por #1CIP y dejar un like tras su lectura y comprensión.
- Realización de 5 sencillos test (uno para bloque de contenido) para comprobar que estás aprendiendo con el curso.

Si te surge alguna duda sobre lo que se explica, no dudes en dejar un comentario y preguntar. Nosotros u otros usuarios, estaremos encantados de responder y ... ¡así aprendemos todos!

Por último, el plazo para finalizar el curso y poder obtener el certificado quedará abierto hasta el día XXXX. Esperamos que os guste el contenido y que este curso sirva poner en contexto la importancia que tiene el permafrost dentro del cambio climático. ¡A POR ELLO!

### **DEFINICIONES Y CONCEPTOS**

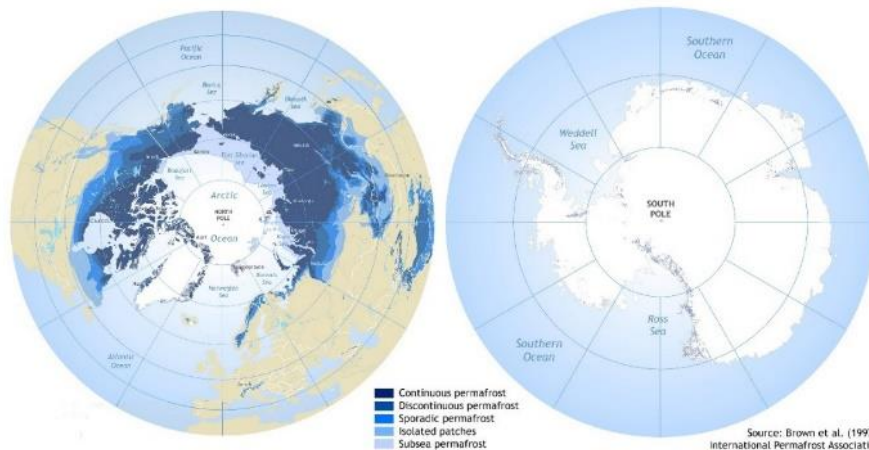
#1CIP En esta primera semana de curso, comenzaremos con el bloque de Definiciones y conceptos (DyC). Trataremos de poner en contexto los elementos más importantes del permafrost, así como la distribución del mismo... ¡VAMOS ALLÁ!

#1CIP [DyC] El permafrost es el terreno (roca, sedimento o suelo, con o sin material orgánica, y con o sin agua) que permanece congelado (esto es por debajo de los 0°C) durante al menos 2 años consecutivos. Su espesor puede variar de centímetros a centenares de metros.

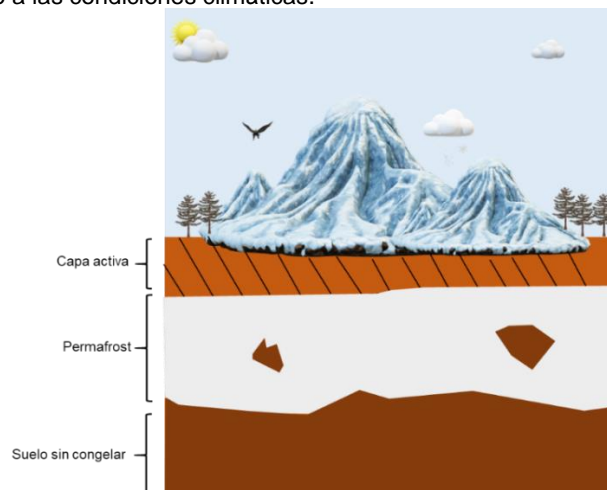




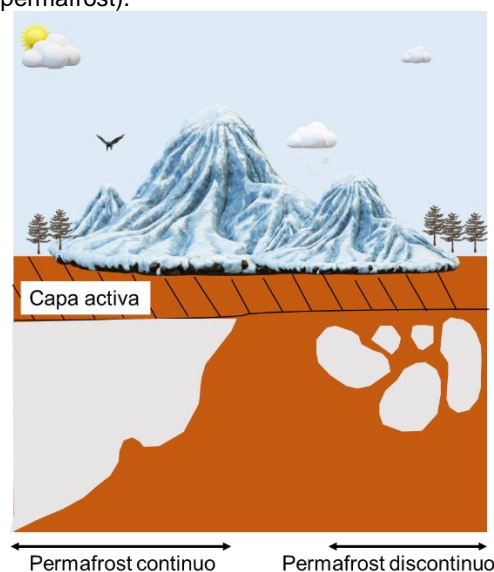
#1CIP [DyC] El permafrost se desarrolla en áreas y regiones suficientemente frías (áreas polares, subpolares, zonas de alta montaña...). Tiene una extensión aproximada de 22 millones de km<sup>2</sup>, lo que representa el 22,36% de la superficie terrestre.



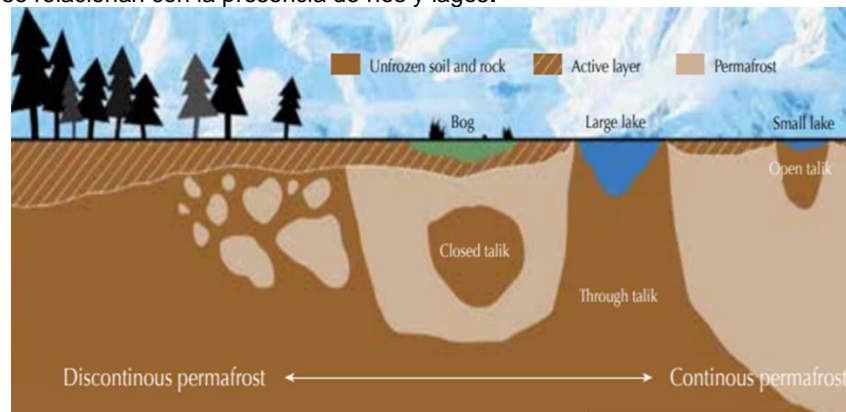
#1CIP [DyC] Sobre el permafrost, se desarrolla la capa activa (CA), que no es más que el terreno que solo se congela temporalmente, es decir, que está sometida a ciclos repetidos de congelación-descongelación debido a las condiciones climáticas.



#1CIP [DyC] En función de su continuidad espacial, se diferencia entre permafrost continuo (aquel que cubre grandes regiones- 46,9% del permafrost terrestre) y permafrost discontinuo (aquel extendido en áreas dispersas- 19,2% del permafrost).



#1CIP [DyC] Como resultado de la presión local, la alta salinidad o el flujo de agua subterránea, puede haber sectores del terreno que no se congelan mezclados con el permafrost, denominados taliks y que, a menudo, se relacionan con la presencia de ríos y lagos.



Source: de Pablo et al., 2012  
Science in School

#1CIP [DyC] La topografía, la cubierta de nieve o vegetación, la litología, la estructura geológica, o el contenido de agua del suelo son los factores no climáticos que controlan la distribución del permafrost.

#1CIP ¿Qué os ha parecido esta primera semana de contenido? Os dejamos una pequeña encuesta, además del link para el PRIMER TEST del curso. No se os olvide hacer estas pruebas para la obtención del preciado documento simbólico. ¡MUCHO ÁNIMO!

- a) Me gusta el contenido.
- b) Esperaba más
- c) Aburrido

## IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

#1CIP ¡Damos comienzo a la SEGUNDA SEMANA DEL CURSO! Es turno de hablar sobre la importancia del estudio del permafrost (IP). Estos días trataremos las implicaciones que tiene la degradación del permafrost y algunas de las utilidades que tiene su estudio. ¡VAMOS ALLÁ!

#1CIP [IdelE] (1/3) La degradación del permafrost tiene un impacto directo en los humanos. La descongelación y la desaparición del permafrost deriva a la pérdida de resistencia del suelo y al aumento de la permeabilidad.

#1CIP [IdelE] (2/3) También puede disparar procesos como deslizamientos, desprendimientos y colapsos. Estos procesos pueden afectar a carreteras, líneas de ferrocarril y áreas residenciales (viviendas, tuberías, conducciones de gas natural, etc.)



Source: Agencia Sinc

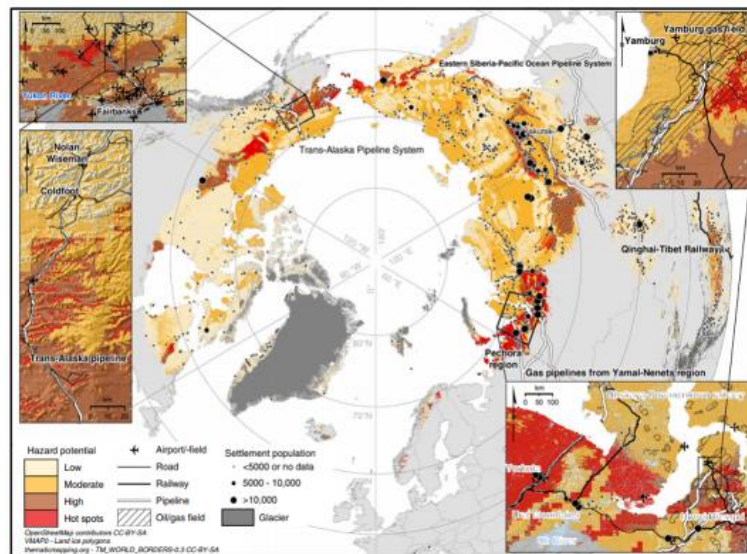


Source: Agencia Sinc



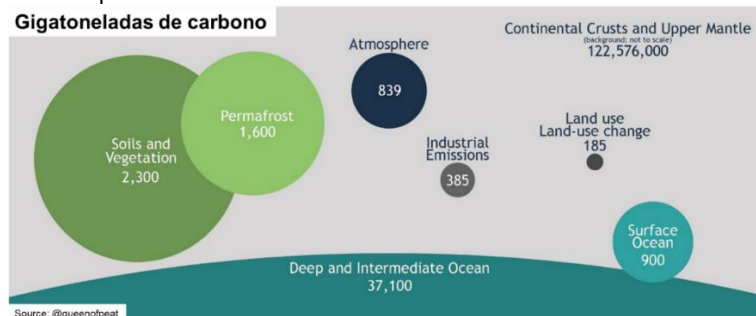
Source: The Siberian Times

#1CIP [IdeE] (3/3) Esto afecta, directa o indirectamente, a las condiciones de vida de 3,6 millones de personas en todo el planeta (especialmente en la zona ártica), que, además, conduce a un aumento en los costes de desarrollo y mantenimiento de las infraestructuras.



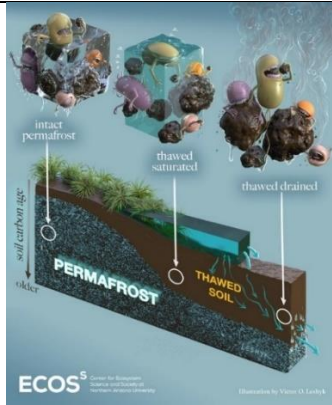
Source: Hjort et al., 2018  
Nature communications

#1CIP [IP] (1/3) La fusión y la degradación del permafrost ártico contribuye al calentamiento global debido a que se puede liberar  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  a la atmósfera, pues el permafrost es uno de los grandes depósitos de carbono orgánico del planeta.

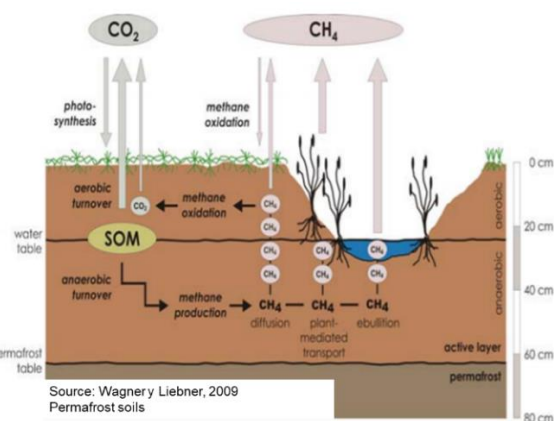
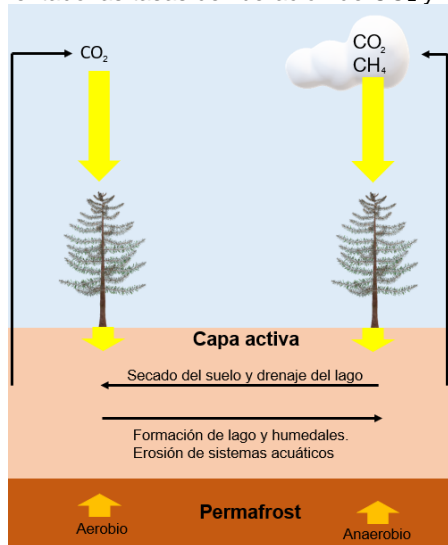


Source: @queenofpeat

#1CIP [IP] (2/3) El aumento de la temperatura de la atmósfera favorece el aumento de la capa activa. En este momento la materia orgánica anteriormente congelada, comienza a degradarse de manera natural por la acción microbiana.



#1CIP [IP] (3/3) La actividad metabólica microbiana influye en el ciclo biogeoquímico global del carbono, aumentando las tasas de liberación de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ , contribuyendo al cambio climático.



#1CIP [IP] (1/3) En las regiones polares, el permafrost y capa activa influyen en la hidrología, los procesos limnológicos y los patrones de sedimentación de lagos.

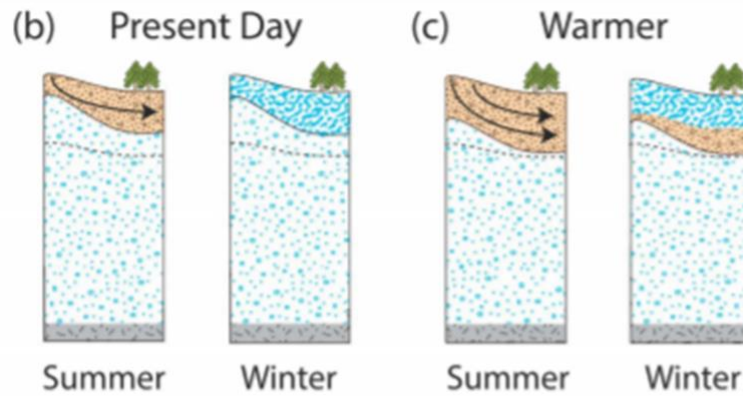
#1CIP [IP] (2/3) La degradación del permafrost puede dar lugar a formas deprimidas llamadas termokarst, que pueden rellenarse de agua formando lagos. Estos lagos se encuentran en latitudes altas con largos inviernos y  $T^a < 0^\circ\text{C}$  durante 8 meses o más al año.



#1CIP [IP] (3/3) Por último, la degradación del permafrost ártico puede cambiar la dinámica de los ecosistemas acuáticos al funcionar como acuífero de descarga de agua subterránea hacia lagos, ríos y arroyos, especialmente en zonas donde las temperaturas del aire sean más altas.



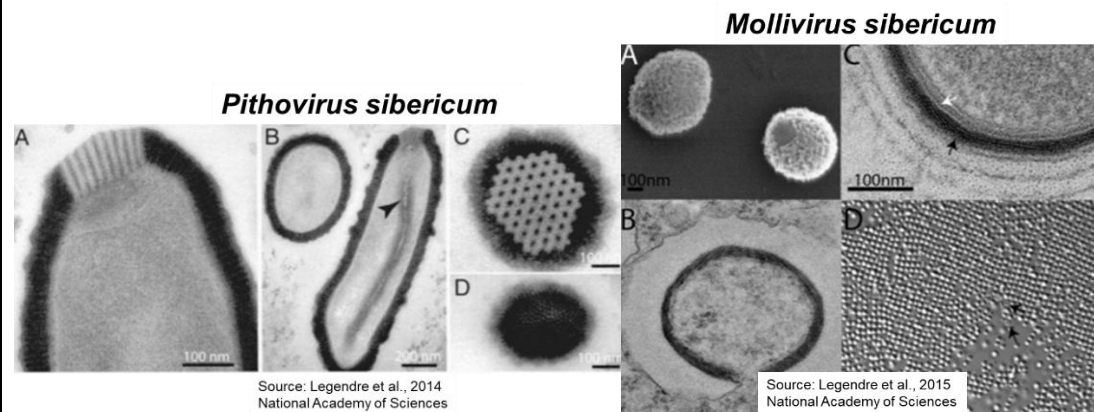
## Permafrost Dynamics



Source: Evans y Ge, 2017  
Geophysical Research Letters

#1CIP [IP] (1/4) En el siglo XX, el permafrost del hemisferio norte ha disminuido un 7%, causando una gran liberación de microorganismos previamente congelados y desconocidos. De hecho, bacterias patógenas y virus pueden sobrevivir a bajas temperaturas y causar enfermedades en las regiones circumpolares.

#1CIP [IP] (2/4) Recientemente, se han descrito dos nuevos virus en la misma muestra de permafrost siberiano: *Pithovirus sibericum* y *Mollivirus sibericum*, con una antigüedad 30.000 años, ambos pertenecientes a la saga de virus gigantes.



#1CIP [IP] (3/4) Estos y otros muchos virus, debido al calentamiento global, podrían revivir fácilmente constituyendo futuras amenazas para los seres humanos o animales.

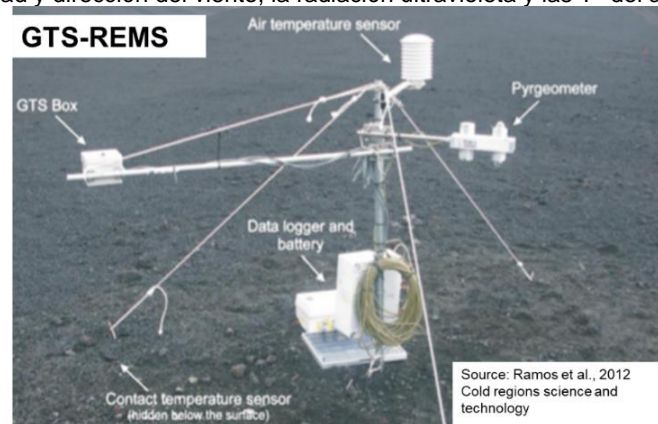
#1CIP [IP] (4/4) De hecho, la desaparición del permafrost liberó esporas de *Bacillus anthracis*, bacteria causante de la enfermedad del carbunco o ántrax, en la península siberiana de Yamal, produciendo un brote en esta región en 2016 y causando la muerte de un niño de 12 años.



#1CIP [IP] (1/3) El permafrost antártico se utiliza en numerosas ocasiones como análogo planetario. Sus condiciones de meteorología extrema y aislamiento han sido utilizadas para la verificación de sensores que formarán parte de misiones a Marte.

#1CIP [IP] (2/3) Con el objetivo de crear un método indirecto para conocer la distribución de la capa activa marciana, durante las campañas antárticas 2008-2009 se realizaron ensayos del sensor de infrarrojos GTS-REMS en la Isla Decepción de la Antártida.

En #1CIP [IP] (3/3) GTM-REMS es un sensor de la temperatura del suelo que forma parte de un instrumento a bordo del Rover Curiosity de la NASA, diseñado para medir la presión ambiental, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la radiación ultravioleta y las T<sup>a</sup> del aire y del suelo.



#1CIP ¡Otra semana más ACABADA! Nos encantaría que nos dejaras tu opinión acerca del contenido de esta semana. Al igual que en el bloque anterior, os dejamos el link para poder realizar el test y que podáis obtener el CERTIFICADO. ¡MUCHO ÁNIMO!

#1CIP También, os dejamos una nueva encuesta en la que os animamos a participar y a dejar en comentarios las posibles dudas que os hayan surgido. ¡MUCHAS GRACIAS!

¿Qué os ha interesado más de esta semana en relación con el permafrost?

- a) Infraestructuras
- b) Cambio climático
- c) Ecosistemas acuáticos
- d) Virus
- e) Marte

## GESTIÓN Y PROTOCOLOS INTERNACIONALES

#1CIP ¡ENTRAMOS EN EL ECUADOR DEL CURSO! Os veo animados y con ganas de seguir aprendiendo, ¡ESO ES! Esta semana hablaremos sobre la gestión y los protocolos internacionales del permafrost (GyP), tratando los principales organismos e instituciones que regulan el estudio del permafrost.

#1CIP [GyP] (1/3) Como resultado de la IV Conferencia Internacional sobre el Permafrost (ICOP) celebrada en 1983 en la Universidad de Fairbanks surge la Asociación Internacional de Permafrost (IPA-@ipapermafrost).

#1CIP [GyP] (2/3) La IPA tiene como objetivos fomentar la difusión de conocimientos y promoción de la cooperación entre personas y organizaciones dedicadas a la investigación del permafrost.

#1CIP [GyP] (3/3) Estos objetivos se alcanzan apoyando a los proyectos del Monitoreo de Capa Activa Circumpolar (CALM) y del Régimen térmico del Permafrost (TSP), cuyos datos se centralizan en la Red Terrestre Global para Permafrost (GTN-P).



#1CIP [GyP] (1/2) El tercer Año Polar Internacional 2007-2008 (API) es una campaña interdisciplinar de investigación y observaciones coordinada internacionalmente y protagonizada por el Consejo Internacional de Uniones Científicas y la Organización Meteorológica Mundial.

#1CIP [GyP] (2/2) El API 2007-2008 está enfocado en el entendimiento de los procesos polares, incluyendo el permafrost, y sus implicaciones globales.



#1CIP [GyP] (1/2) Como resultado del API 2007-2008 se fortaleció la red GTN-P, dentro de la @ipapermafrost. Esta iniciativa condujo a un aumento del número de estaciones utilizadas para el monitoreo de la temperatura, facilitando la evaluación de las tendencias del permafrost.

#1CIP [GyP] (2/2) GTN-P es la base de datos central gratuita para centralizar y guardar los datos de las observaciones de la temperatura del permafrost y del espesor de la capa activa, contando actualmente con datos de más de 200 estaciones.



**GTN-P**  
Global Terrestrial  
Network for  
Permafrost

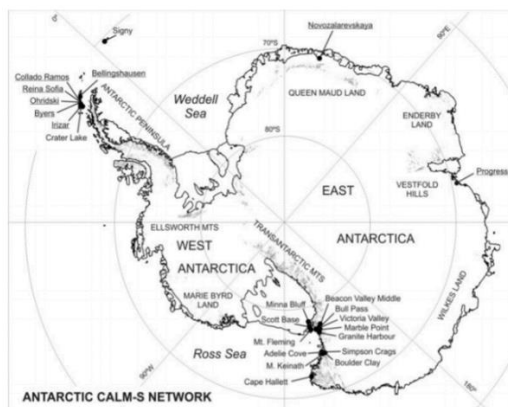
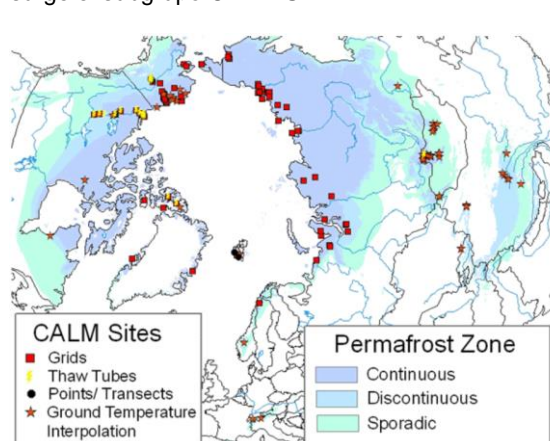
#1CIP [GyP] (1/3) Coordinado por la @ipapermafrost surge el comité permanente de Permafrost Antártico, Ambientes periglaciares y Suelos (ANTPAS). ANT PAS es un grupo de trabajo de expertos del Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR- @SCAR\_Tweets).

#1CIP [GyP] (2/3) El SCAR es una organización temática del Consejo Científico Internacional y es el encargado de iniciar, desarrollar e integrar la investigación científica internacional en la región antártica.

#1CIP [GyP] (3/3) SCAR proporciona asesoramiento científico a las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico y a otras organizaciones como la @IPCC\_CH y @CMNUCC sobre cuestiones de ciencia y conservación que afectan a la gestión de la Antártida.



#1CIP [GyP] (1/3) El programa CALM es una red de observatorios para el estudio de la respuesta de la CA al cambio climático. Para potenciar las instalaciones en la Antártida (se centra en el hemisferio norte) surge el subgrupo CALM-S.

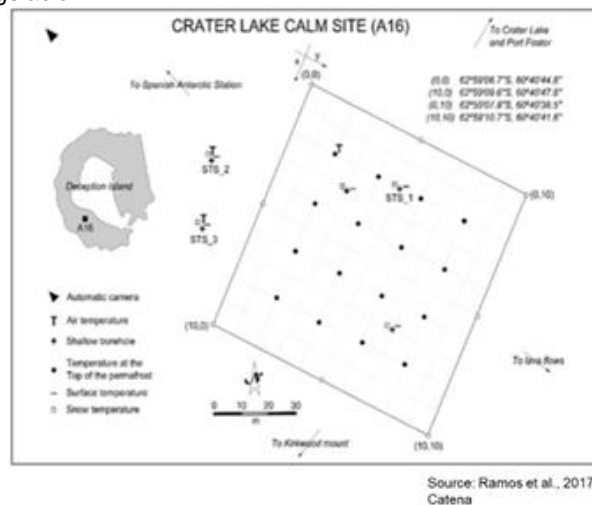


Source: Vieira et al., 2010  
Permafrost and Pedreglacial Processes

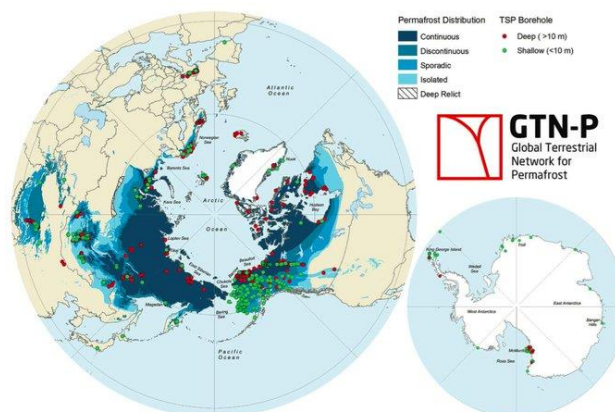
#1CIP [GyP] (2/3) Los sitios CALM tienen el objetivo de identificar la variabilidad espacial del espesor de la capa activa y los efectos de los cambios en parámetros como la topografía, las propiedades físicas del suelo, la vegetación, la hidrología o la capa de nieve.

**CALM**

#1CIP [GyP] (3/3) Las estaciones CALM son, generalmente, cuadrículas de 100x100m con nodos de 10m, donde el espesor de la capa activa se mide con una sonda mecánica manual al final de la temporada de descongelación.



#1CIP [GyP] (1/4) El programa **TSP** lleva a cabo la realización de perforaciones en el terreno para monitorear la temperatura del permafrost (y la capa activa), analizando su evolución en el tiempo a fin de validar los escenarios de modelo climático.



#1CIP [GyP] (2/4) La estaciones TSP se basan en la realización de sondeos para la instalación de sensores de temperatura a diferentes profundidades. Además, se instalan sensores para medir la  $T^a$  del aire, de la superficie y del espesor de la capa de nieve.



#1CIP [GyP] (3/4) En la realización de sondeos se configuran estaciones de monitoreo someras (<5m de profundidad) o profundas (>5m de profundidad), para el estudio de la evolución de la temperatura de la capa activa y del permafrost.

#1CIP [GyP] (4/4) El requisito mínimo de registro de datos es de tres observaciones por día (cada 8 horas) durante todo el año, aunque se recomiendan un mínimo de cuatro observaciones diarias a intervalos de 6h.



#1CIP ¡OTRA SEMANA MÁS! Esperamos que se os esté pasando igual de rápido que a nosotros. Como siempre, os dejamos el link para la prueba de evaluación y una pequeña encuesta. ¡VAMOS ALLÁ!  
¿Antes de esta semana, sabías de la existencia de alguna de estas organizaciones?

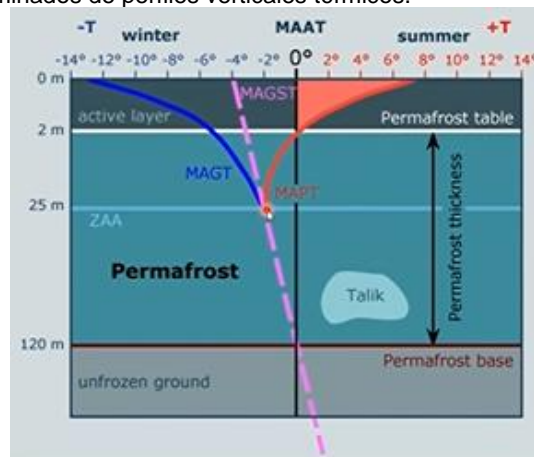
- a) Si
- b) No
- c) Me sonaban

## MÉTODOS

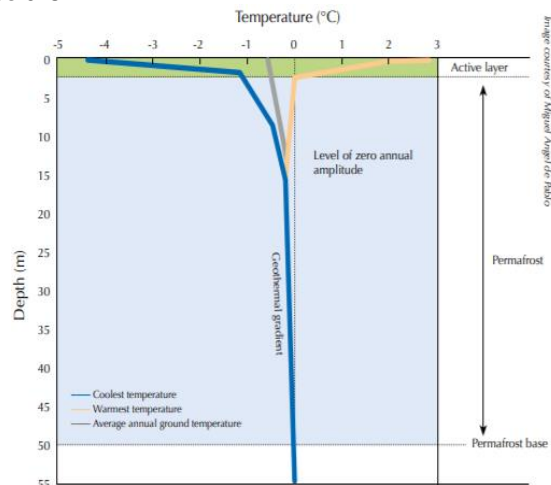
#1CIP ¡DAMOS COMIENZO A LA PENÚLTIMA SEMANA DEL CURSO! En este bloque nos centraremos en los métodos de estudio del permafrost en la Antártida (MET). Hemos de añadir que estos procedimientos no son muy diferentes a los realizados en el ártico. ¡VAMOS ALLÁ!

#1CIP [MET] (1/2) En la Antártida el monitoreo del permafrost y el de la capa activa se lleva a cabo con perforaciones para la instalación de sensores de temperatura a diferentes profundidades en series temporales largas (décadas).

#1CIP [MET] (2/2) Año a año, durante las campañas antárticas se lleva a cabo la recogida de datos, con los que se calcula la  $T^a$  máxima, mínima y media para cada sensor situado a una profundidad. Con ello se puede trazar los denominados de perfiles verticales térmicos.



#1CIP [MET] (1/3) A partir de los perfiles verticales térmicos, se puede conocer la presencia del permafrost. El límite entre la capa activa y el permafrost queda definido cuando la temperatura máxima (línea naranja) alcanza los 0°C.



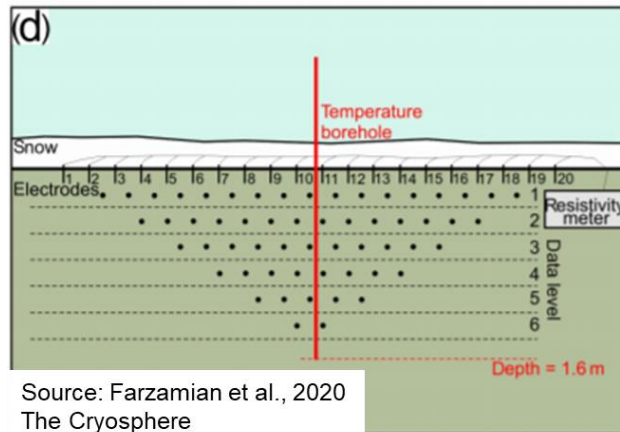
#1CIP [MET] (2/3) A ese punto le corresponde una profundidad. Por encima de esa profundidad se desarrolla la capa activa y por debajo, comienza el permafrost. De esta forma, la estructura del suelo con permafrost sigue un gradiente geotérmico con tres zonas:

#1CIP [MET] (3/3) (1) la base del permafrost con una  $T^a > 0^{\circ}\text{C}$ ; (2) el permafrost, donde se encuentra la profundidad de amplitud anual cero (profundidad a la que la diferencia entre la  $T^a$  máxima anual y la mínima es 0, ZAA); (3) y la capa activa ( $T^a$  variable positiva y negativa).

#1CIP [MET] (1/5) Otra alternativa al monitoreo de la CA es el monitoreo geofísico 2-D. Un ejemplo de ello es la tomografía de resistividad eléctrica (ERT) que permite determinar la variabilidad espaciotemporal de la congelación-descongelación de la capa activa y el permafrost.

#1CIP [MET] (2/5) ERT se basa en el empleo de electrodos colocados en la superficie del suelo que miden repetidamente la resistividad eléctrica. Los electrodos proporcionan una imagen 2-D que permite evaluar la ocurrencia del permafrost húmedo.

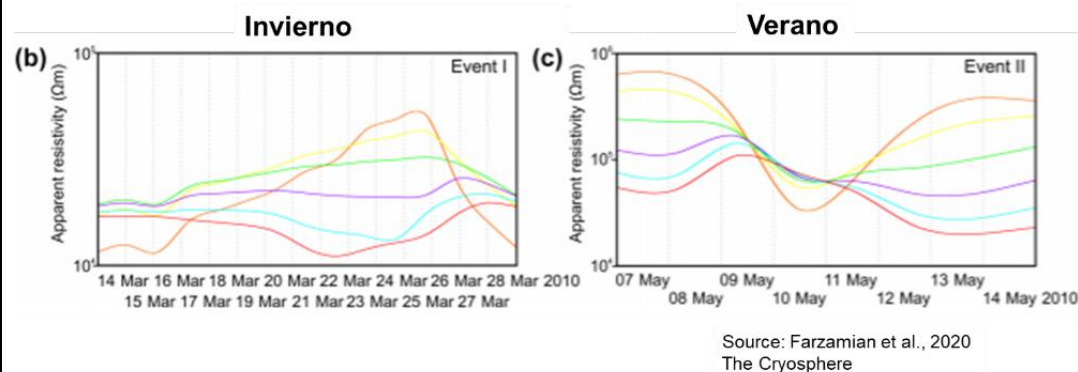
#1CIP [MET] (3/5) El valor de resistividad se obtiene haciendo pasar corriente eléctrica por uno de los electrodos y midiendo la resistencia del resto de ellos. Este proceso se repite en todos los electrodos instalados para conocer la variación de resistividad del suelo a diferentes profundidades.



Source: Farzamian et al., 2020  
The Cryosphere

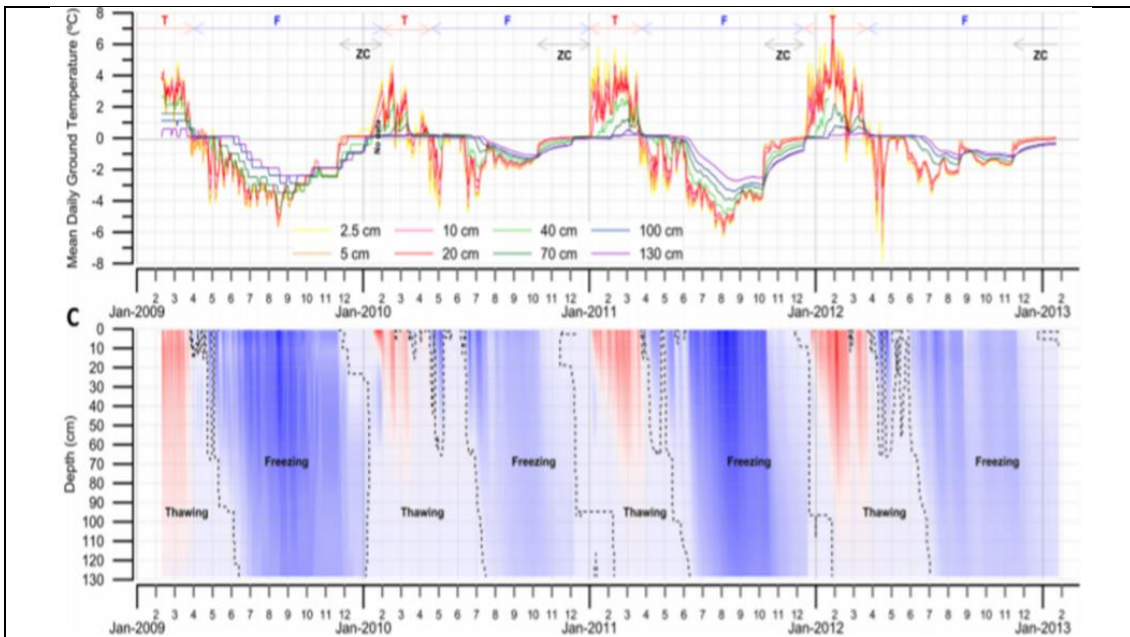
#1CIP [MET] (4/5) Bajos valores de resistividad reflejan que el material por el que pasa la corriente es transmisor, es decir, conductor (hielo). Por el contrario, altos valores de resistividad indican que el material por el que pasa la corriente es aislante (agua)

#1CIP [MET] (5/5) En invierno cuando se produce la congelación del suelo, sube la resistividad. Por el contrario, en verano cuando se descongela la capa activa, esta tiene una resistividad baja, pero se mantiene el valor alto que ofrece el permafrost.



Source: Farzamian et al., 2020  
The Cryosphere

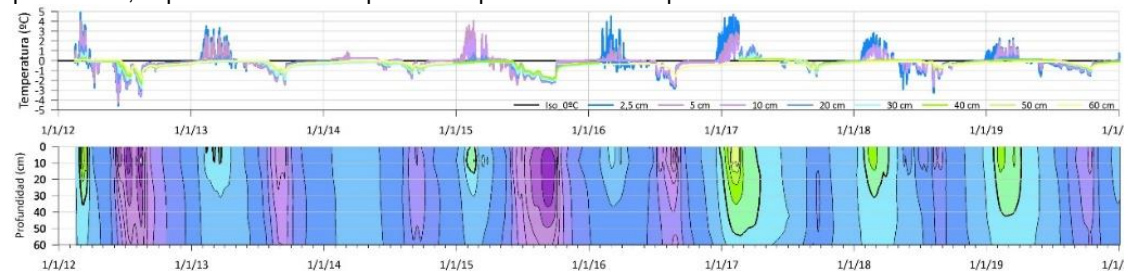
#1CIP [MET] (1/3) A partir de los datos de los sensores de temperatura a diferentes profundidades (arriba), se obtienen los llamados termogramas (abajo) que muestran la variación de las temperaturas del terreno a lo largo del tiempo, más intuitivos.



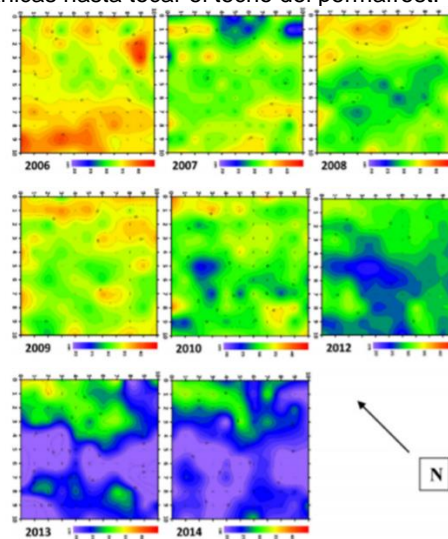
Source: de Pablo et al., 2014  
Solid Earth

#1CIP [MET] (2/3) Con estos termogramas se puede observar la presencia de alternancias de temperaturas en el caso de la capa activa, o si el terreno permanece permanentemente congelado y hasta qué profundidad

#1CIP [MET] (3/3) También se usan los termogramas para conocer el grado de inestabilidad del permafrost, al poder visualizar lo próximas que están sus temperaturas a los 0°C.



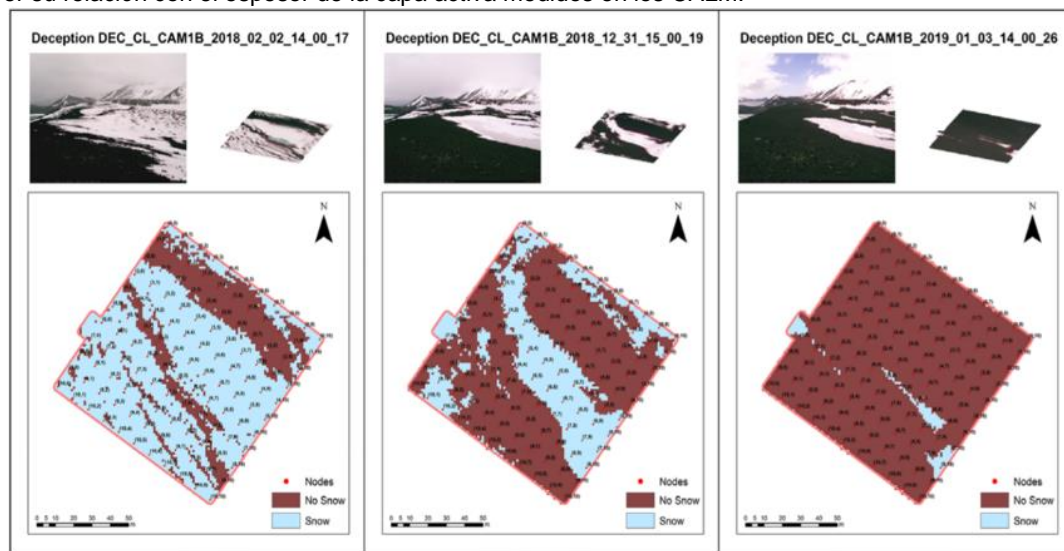
#1CIP [MET] (1/3) Tras varios años de monitoreo en los sitios CALM-S, se procede a la realización de los mapas de espesor de la capa activa. Los colores representan las diferentes profundidades a las que han llegado las sondas mecánicas hasta tocar el techo del permafrost.



Source: Ramos et al., 2017  
Catena

#1CIP [MET] (2/3) Las tonalidades azuladas representan una menor profundidad de la capa activa y los colores más cálidos reflejan una mayor penetración de las sondas.  
 #1CIP [MET] (3/3) Estos mapas permiten comparar año a año la evolución general del espesor de la capa activa, e incluso apreciar la variabilidad local, que puede estar relacionada con otros factores como la vegetación, la nieve, el agua subterránea, la topografía...

#1CIP [MET] (1/3) Para el seguimiento de las condiciones meteorológicas y monitorear a evolución de la capa de nieve y su distribución espacial con el fin de comprender el espesor de la capa activa, en algunas ocasiones, se recurre al empleo de cámaras fenomenológicas.  
 #1CIP [MET] (2/3) Estas cámaras automáticas, que toman imágenes durante las horas de máxima insolación, están asociados a sistemas de información geográfica que permiten cartografiar diariamente la evolución de la nieve.  
 #1CIP [MET] (3/3) De esta manera, se obtienen mapas diarios de cobertura de nieve, muy útiles para ver su relación con el espesor de la capa activa medidos en los CALM.



Source: de Pablo et al., 2020  
 Cuadernos de investigación geográfica

#1CIP ¡OTRO BLOQUE DE CONTENIDO ACABADO! Como siempre os dejamos el link para hacer la prueba de evaluación y una pequeña encuesta en la que os animamos a participar. ¡DEJAD VUESTRAS DUDAS ABAJO!

¿Qué metodología consideras más útil para el estudio del permafrost?

- a) Perfiles térmicos
- b) Temogramas
- c) ERT
- d) Cámaras fenomenológicas
- e) Mapas de CA

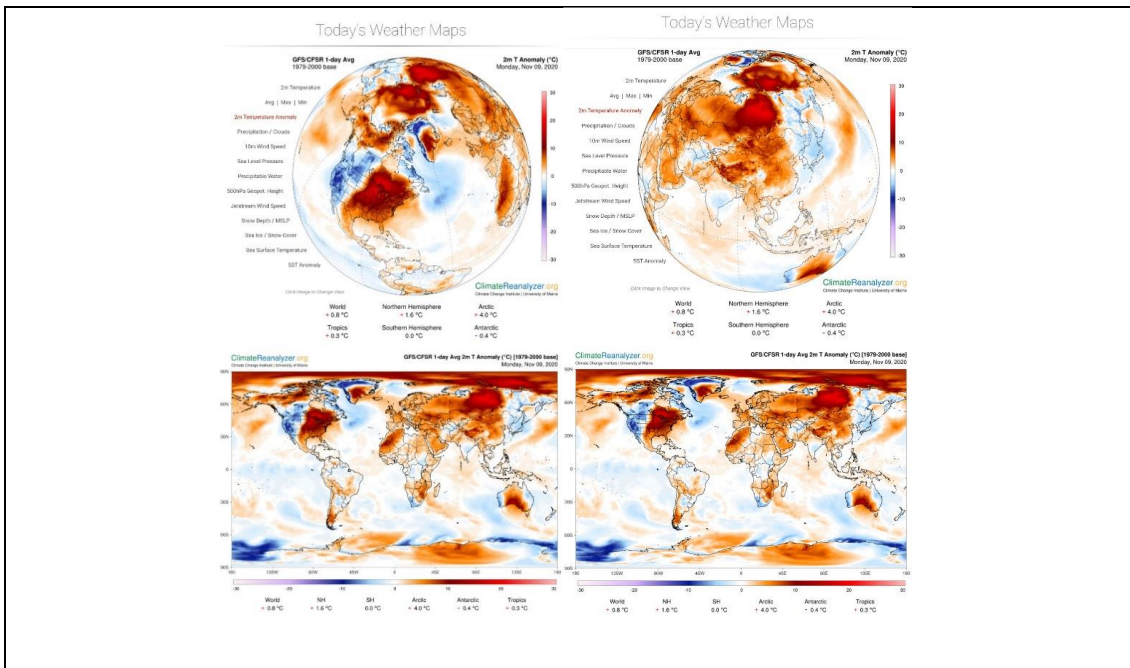
## EL PERMAFROST EN LA ANTÁRTIDA

#1CIP ¡ÚLTIMA SEMANA! Os veo animados y con ganas de seguir aprendiendo, ¡NO QUEDA NADA! Esta semana trataremos el tema del permafrost en la Antártida (PERANT), centrándonos en cuáles han sido hasta el momento los principales lugares de estudio ¡VAMOS ALLÁ!

#1CIP [PERANT] (1/2) El estudio del permafrost se centra en latitudes altas del hemisferio norte debido a los abundantes depósitos de carbono orgánico y la mayor amplitud en la distribución del permafrost en áreas continentales.

#1CIP [PERANT] (2/2) La temperatura del aire en estas regiones polares se calienta dos veces más rápido que el promedio mundial en las últimas décadas, exponiendo ese carbono orgánico a la descomposición microbiana y contribuyendo al cambio climático.

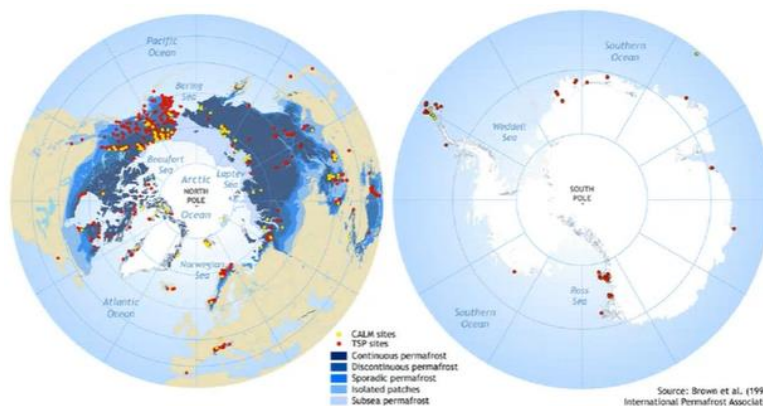




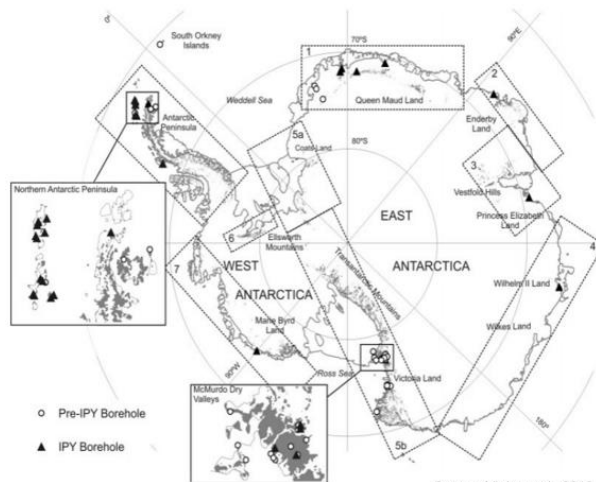
#1CIP [PERANT] (1/4) ¿Hay permafrost en la Antártida? La respuesta es sí. El permafrost antártico se encuentra en las escasas zonas libres de hielo: Montañas Transartárticas, Península Antártica y pequeños parches de relieves montañosos en la periferia del continente blanco.



#1CIP [PERANT] (2/4) En la Antártida, el número de estaciones que estudian el permafrost se ve reducido debido a que es un terreno inhabitado, las dificultades logísticas a causa de las condiciones climáticas y las menores zonas libres de hielo.

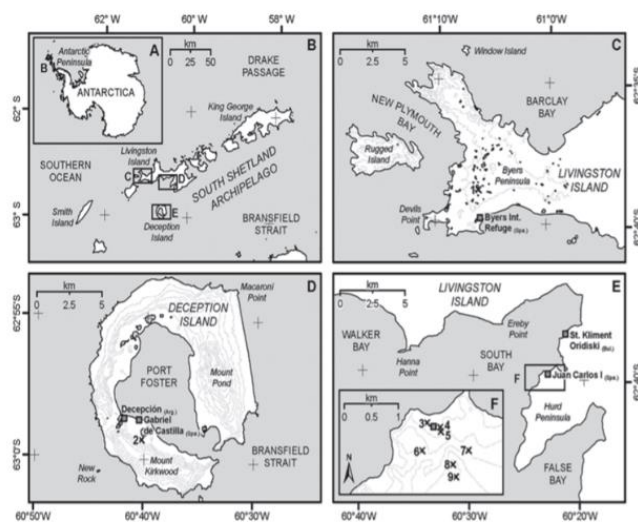


#1CIP [PERANT] (3/4) En 2004, la red de monitoreo antártica constaba de 21 sondeos, aumentando a 73 al final del API 2007-2008. Las Montañas Transantárticas son la región más estudiada desde 1970.



Source: Vieira et al., 2010  
Permafrost and  
PedreglacialProcesses

#1CIP [PERANT] (4/4) Durante el API 2007-2008, la Península Antártica (PA) recibió mayores esfuerzos de monitoreo, centrando su actividad en las Islas Shetland del Sur, concretamente en las islas Livingston y Decepción.



Source: de Pablo et al., 2016  
Cuadernos de investigación  
geográfica

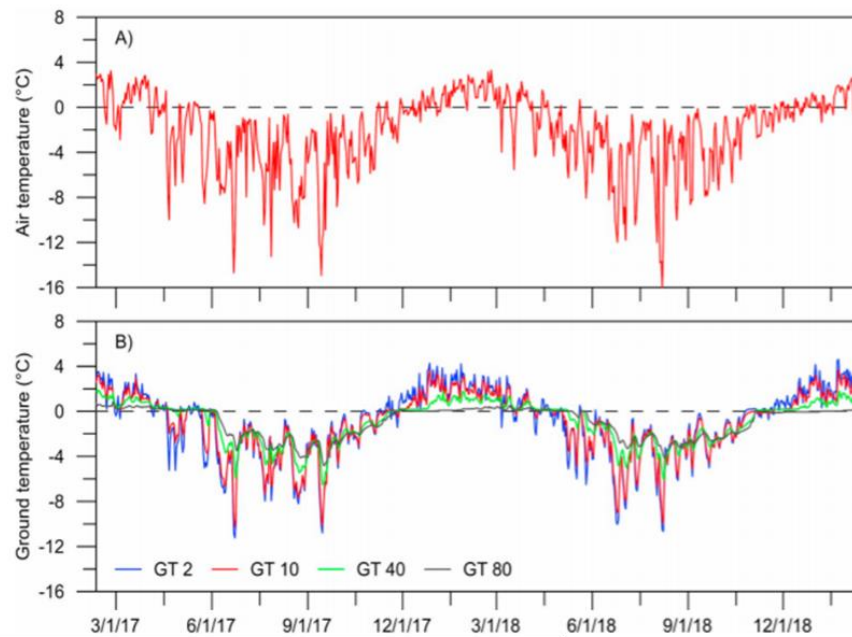
#1CIP [PERANT] (1/3) Los estudios en la PA son importantes por: (1) escasez local de datos antárticos ya que la mayor parte de la investigación se centra en el hemisferio norte; (2) la PA es un área libre de hielo, permitiendo investigar la capa activa.

#1CIP [PERANT] (2/3) (3) es la región antártica más alejada del polo sur. En ella las  $T^a$  media en invierno ronda los  $-2^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, durante el verano, la  $T^a$  media ronda los  $0^{\circ}\text{C}$ , siendo máxima la sensibilidad del permafrost al cambio climático

#1CIP [PERANT] (3/3) (4) En la Antártida la degradación del permafrost está directamente relacionada con las condiciones climáticas y la capa de nieve, que, en ausencia de suelos orgánicos, sirve de condiciones blanco para los estudios del ártico.

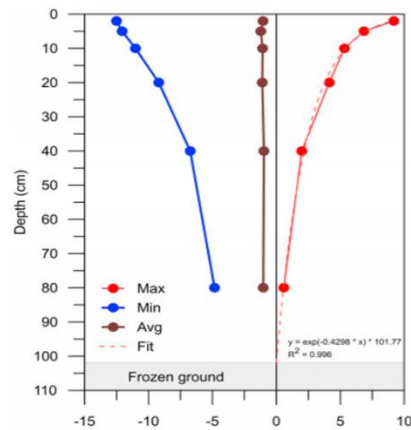
#1CIP [PERANT] (1/4) Uno de los grupos ANTPAS españoles integrado por investigadores de la Universidad de Alcalá, en colaboración con investigadores de Portugal, Rusia, Suiza, y República Checa, se encarga del estudio del permafrost en las Islas Livingston y Decepción.

#1CIP [PERANT] (2/4) En la Isla Livingston la temperatura media anual del aire (MAAT) en los últimos años ha disminuido  $0,8^{\circ}\text{C}$ , alcanzando un valor de  $-2,0^{\circ}\text{C}$ .



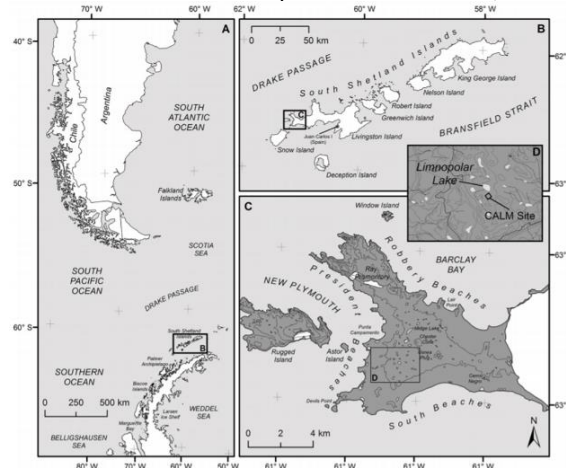
Source: Hrbáček et al, 2020  
Environmental Research

#1CIP [PERANT] (3/4) Esta temperatura del aire es suficiente para mantener el permafrost con un espesor de capa activa alrededor de los 100 cm.



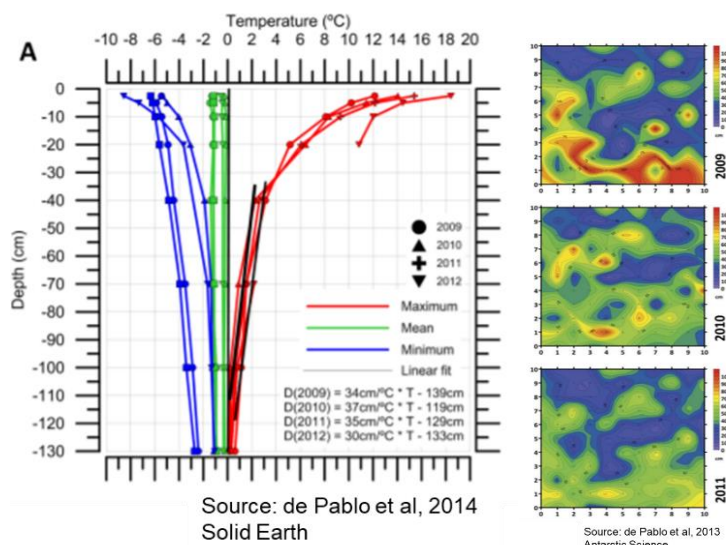
Source: Hrbáček et al, 2020  
Environmental Research

#1CIP [PERANT] (3/4) En la península de Bayers se encuentra el sitio CALM-S del lago Limnopolar. En él la temperatura media anual del suelo varía de aproximadamente  $-1,2^{\circ}\text{C}$  a  $-0,2^{\circ}\text{C}$ .

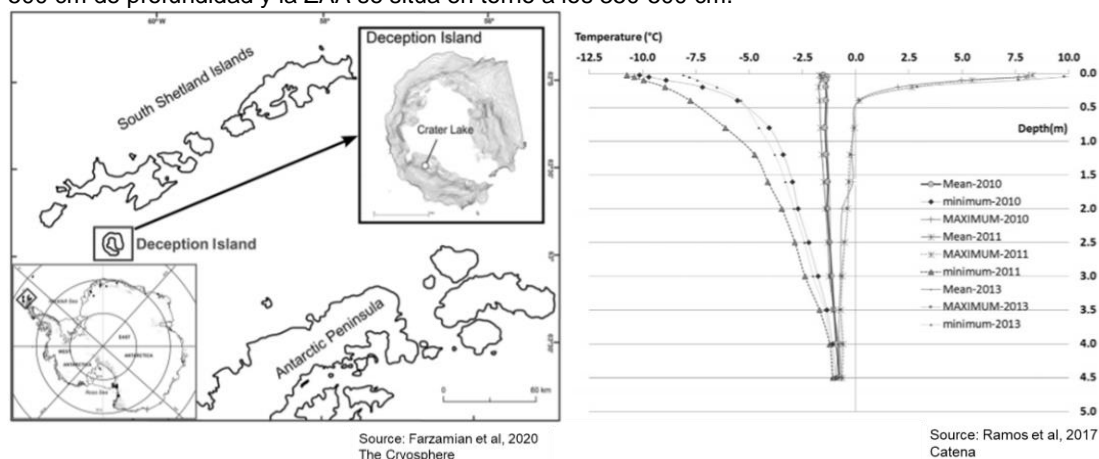


Source: de Pablo et al, 2014  
Solid Earth

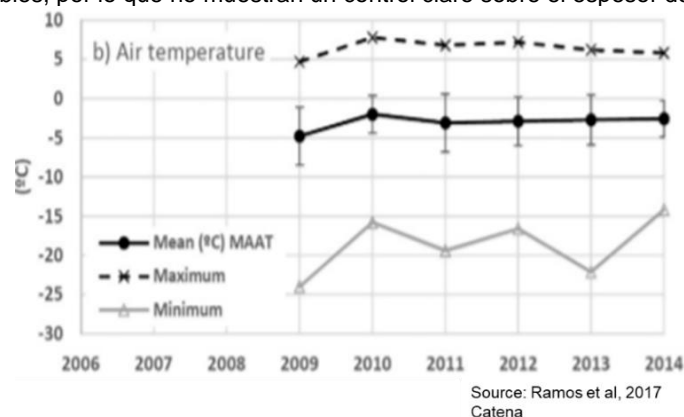
#1CIP [PERANT] (4/4) El espesor de la capa activa en esta región ha ido disminuyendo progresivamente, pudiendo alcanzar espesores de hasta 90-100 cm y la ZAA se desarrolla entre los 140 y 220 cm de profundidad.



#1CIP [PERANT] (1/3) En la Isla Decepción, la investigación del permafrost es de especial importancia en el sitio CALM-S de la Crater Lake. En él, el permafrost se extiende desde los 40 cm hasta los 450-500 cm de profundidad y la ZAA se sitúa en torno a los 350-500 cm.



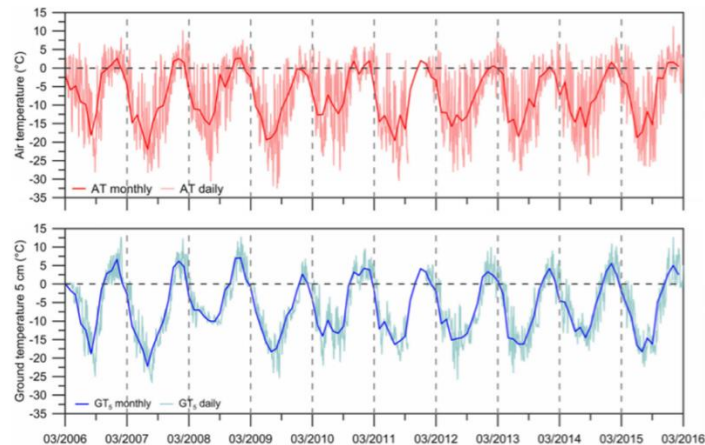
#1CIP [PERANT] (2/3) Las MAAT y las temperaturas medias anuales del suelo (MAGT) han sido relativamente estables, por lo que no muestran un control claro sobre el espesor de la capa activa



#1CIP [PERANT] (3/3) En el periodo 2015-2017 se ha apreciado un aumento de la profundidad de la capa activa debido al aislamiento térmico que ejerce la nieve. Cuando el aislamiento es máximo la temperatura del terreno es más cercana a los 0°C y el permafrost se vuelve inestable.



#1CIP [PERANT] (1/2) Por último, se destacan los estudios llevados a cabo en la isla James Ross, situada al este de la PA. En el periodo de 2006 a 2016 en la Isla James Ross los valores de MAAT y MAGT fueron de  $-7,3$  y  $-6,1$  °C, respectivamente, y el espesor promedio de la capa activa fue de 60 cm.



Source: Hrbáček y Uxa, 2020  
Permafrost and Periglacial Processes

#1CIP [PERANT] (2/2) La MAAT han aumentado, sin embargo, la MAGT ha disminuido. El espesor de la capa activa disminuyó un promedio de 1,6 cm/año asociado a la disminución de temperaturas estivales y el acortamiento de la temporada de deshielo.

#1CIP [PenlaA] Ya sabemos que queréis el certificado... Solo queda hacer la última prueba de evaluación y aquí tenéis el enlace. ¡MUCHO ÁNIMO!

¡CURSO ACABADO! Os animamos a participar en la última encuesta sobre el 1ER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST

- a) ¡2º curso YA!
- b) Interesante
- c) Muy complejo
- d) No me ha gustado

#1CIP Damos por finalizado el 1ER CURSO DE INTRODUCCIÓN AL PERMAFROST. Esperemos que os haya gustado, os haya parecido interesante y, sobre todo, hayáis aprendido. Si os surgen nuevas dudas o preguntas, aquí estamos para responder ¡MUCHÍSIMAS GRACIAS!

## Referencias

- Agencia Sinc (2018) *Las construcciones del Ártico están en peligro por el deshielo del permafrost* [en línea] Disponible en: <<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Las-construcciones-del-Artico-estan-en-peligro-por-el-deshielo-del-permafrost#top>> [consulta: 12 mayo 2021]
- Brown, J., Ferrians, O.J., Heginbottom, J.A., y Melnikov E.S. (1997) *Circum-Arctic map of permafrost and ground-ice conditions*. Washington: Geological Survey in Cooperation with the Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources.
- de Pablo, M. A., Blanco, J. J., Molina, A., Ramos, M., Quesada, A., y Vieira, G. (2013) Interannual active layer variability at the Limnopolar Lake CALM site on Byers Peninsula, Livingston Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 25 (2), 167.
- de Pablo, M. A., Jiménez, J. J., Ramos, M., Prieto, M., Molina, A., Vieira, G., Hidalgo, M.A., Fernández, S., Recondo, C., Calleja, J.F., Peon, J.J., Corbea-Pérez, A., Maior, C.N., Morales, M., y Mora, C. (2020). Frozen ground and snow cover monitoring in Livingston and Deception islands, Antarctica: preliminary results of the 2015-2019 PERMASNOW project. *Cuadernos de investigación geográfica/Geographical Research Letters*, (46), 187-222.
- de Pablo, M. A., Ramos, M., Molina, A., Vieira, G., Hidalgo, M. A., Prieto, M., Jiménez, J.J., Fernández, S., Recondo, C., Calleja, J.F., y Mora, C. (2016). Frozen ground and snow cover monitoring in the South Shetland Islands, Antarctica: Instrumentation, effects on ground thermal behaviour and future research. *Cuadernos de investigación geográfica*, 42(2), 475.
- de Pablo, M. A., Ramos, M., Vieira, G., y Molina, A. (2012) Revealing the secrets of permafrost. *Science in School*, 22, 17-22.

- de Pablo, M. A., Ramos, M., y Molina, A. (2014) Thermal characterization of the active layer at the Limnopolar Lake CALM-S site on Byers Peninsula (Livingston Island), Antarctica. *Solid Earth*, 5 (2), 721-739.
- de Pablo, M.A., Ramos, M., Molina, A., (2017) Snow cover evolution, on 2009-2014, at the limnopolar lake CALM-S site on Byers peninsula, Livingston island, Antarctica. *Catena*, 149, 538–547.
- Evans, S. G., y Ge, S. (2017) Contrasting hydrogeologic responses to warming in permafrost and seasonally frozen ground hillslopes. *Geophysical Research Letters*, 44(4), 1803-1813.
- Farzamian, M., Vieira, G., Monteiro Santos, F. A., Yaghoobi Tabar, B., Hauck, C., Paz, M. C., Bernardo, I., Ramos, M., y de Pablo, M. Á. (2020) Detailed detection of active layer freeze–thaw dynamics using quasi-continuous electrical resistivity tomography (Deception Island, Antarctica). *The Cryosphere*, 14 (3), 1105-1120.
- Hjort, J., Karjalainen, O., Aalto, J., Westermann, S., Romanovsky, V. E., Nelson, F. E., Etzelmüller, B., y Luoto, M. (2018). Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century. *Nature communications*, 9(1), 1-9.
- Hrbáček, F., Oliva, M., Ruiz-Fernández, J., Kňázková, M., y de Pablo, M. Á. (2020) Modelling ground thermal regime in bordering (dis) continuous permafrost environments. *Environmental research*, 181.
- Hrbáček, F., y Uxa, T. (2020) The evolution of a near-surface ground thermal regime and modeled active-layer thickness on James Ross Island, Eastern Antarctic Peninsula, in 2006–2016. *Permafrost and Periglacial Processes*, 31(1), 141-155.
- Legendre, M., Bartoli, J., Shmakova, L., Jeudy, S., Labadie, K., Adrait, A., Lescot, Poirot, O., Beraux, L., Bruley, C., Yohann, C., Rivkina, E., Abergel, C., y Claverie, J. M. (2014). Thirty-thousand-year-old distant relative of giant icosahedral DNA viruses with a pandoravirus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(11), 4274-4279.

- Legendre, M., Lartigue, A., Bertaux, L., Jeudy, S., Bartoli, J., Lescot, M., Alempic, J.M., Ramus, C., Bruley, C., Labadie, K., Shmakova, L., Rivkina, E., Couté, Y., Abergel, C., y Claverie, J. M. (2015). In-depth study of Mollivirus sibericum, a new 30,000-y-old giant virus infecting Acanthamoeba. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(38), E5327-E5335.
- Ramos, M., De Pablo, M. A., Sebastian, E., Armiens, C., y Gómez-Elvira, J. (2012) Temperature gradient distribution in permafrost active layer, using a prototype of the ground temperature sensor (REMS-MSL) on deception island (Antarctica). *Cold regions science and technology*, 72, 23-32.
- Ramos, M., Vieira, G., de Pablo, M. A., Molina, A., Abramov, A. y Goyanes, G. (2017) Recent shallowing of the thaw depth at Crater Lake, Deception Island, Antarctica (2006–2014). *Catena*, 149, 519-528
- The Siberian Times (2021) [Building breaks in middle and collapses 10 metres as thawing permafrost no longer supports stilts](https://siberiantimes.com/other/others/news/building-breaks-in-middle-and-collapses-10-metres-as-thawing-permafrost-no-longer-supports-stilts/) [en línea] Disponible en: <<https://siberiantimes.com/other/others/news/building-breaks-in-middle-and-collapses-10-metres-as-thawing-permafrost-no-longer-supports-stilts/>> [consulta: 23 marzo 2021]
- Twitter (2021) *Queenofpeat* [en línea] Disponible en: <<https://twitter.com/queenofpeat/status/1364633576361381889>> [consulta: 15 julio 2021]
- Vieira, G., Bockheim, J., Guglielmin, M., Balks, M., Abramov, A. A., Boelhouwers, J., Cannone, N., Ganzert, L., Gilichinsky, D. A., Goryachkin, S., López-Martínez, 39 J., Meiklejohn, I., Raffi, R., Ramos, M., Schaefer C., Serrano, E., Simas, F., Sletten, R. y Wagner, D. (2010) Thermal state of permafrost and active-layer monitoring in the antarctic: Advances during the international polar year 2007– 2009. *Permafrost and Periglacial Processes*, 21 (2), 182-197.
- Vonk, J. E., Tank, S. E., Bowden, W. B., Laurion, I., Vincent, W. F., Alekseychik, P., Amyot, M., Billet, M.F., Canário, J., Cory, R.M., Deshpande, B.N., Helbig, M., Jammet, M., Karlsson, K., Larouche, J., MacMillan, G., Rautio,



M., Walter Anthony, K.M., y Wickland, K. P. (2015). Reviews and syntheses: Effects of permafrost thaw on Arctic aquatic ecosystems. *Biogeosciences*, 12(23), 7129-7167.

Wagner, D. y Liebner, S. (2009) *Global Warming and Carbon Dynamics in Permafrost Soils: Methane Production and Oxidation*. Ed. a cargo de Margesin, Permafrost Soils. Berlin: Springer Berlin.

## Anexo VIII. Pruebas de evaluación

### CUESTIONARIO 1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS

1. ¿Dónde se desarrolla el permafrost?
  - a) Exclusivamente en regiones polares y subpolares.
  - b) En regiones suficientemente frías en donde las temperaturas del suelo puedan mantenerse por debajo de 0°C durante al menos dos años consecutivos (Revisar las publicaciones del lunes y martes de la primera semana).**
  - c) Exclusivamente en la corteza oceánica de los mares de regiones polares y subpolares.
  - d) En cualquier punto de la superficie terrestre.
2. ¿A qué término corresponde la siguiente definición? Definición: terreno desarrollado sobre el permafrost que solo se congela temporalmente debido a las condiciones climáticas.
  - a) Capa activa (Revisar la publicación del miércoles de la primera semana).**
  - b) Permafrost continuo.
  - c) Permafrost discontinuo.
  - d) Talik.
3. ¿A qué término corresponde la siguiente definición? Definición: Parches de terreno que permanecen sin congelar mezclados con el permafrost como resultado de la presión local, la alta salinidad o el flujo de agua subterránea.
  - a) Capa activa.
  - b) Permafrost continuo.
  - c) Permafrost discontinuo.
  - d) Talik (Revisar la publicación del viernes de la primera semana).**
4. Entre los factores no climáticos que regulan la distribución del permafrost, se encuentran...:
  - a) La topografía y la cubierta de nieve.
  - b) La litología y estructura geológica.
  - c) El contenido de agua del suelo, la edad de desglaciación y el tipo y la distribución de la vegetación.
  - d) Todas las respuestas anteriores son correctas (Revisar la publicación del sábado de la primera semana).**

### CUESTIONARIO 2. LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

1. ¿Qué efectos tiene la degradación del permafrost sobre el cambio climático?
  - a) Ninguno, el permafrost no se descongela.
  - b) La degradación del permafrost ártico atenúa los efectos del cambio climático.
  - c) El deshielo del permafrost ártico puede liberar CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> por acción microbiana a la atmósfera, al contener grandes depósitos de carbono orgánico, aumentando las tasas de calentamiento global (Revisar la publicación del martes de la segunda semana)**
  - d) Ninguna de las anteriores es correcta.
2. ¿Cómo influye la degradación del permafrost en la hidrología local?
  - a) El permafrost puede dar lugar a la formación de depresiones llamadas termokarst que se rellenan de agua formando lagos.
  - b) El permafrost no influye en la dinámica de los ecosistemas acuáticos.
  - c) El permafrost ártico puede aportar agua subterránea a lagos, ríos y arroyos.
  - d) Las opciones a) y c) son correctas (Revisar la publicación del miércoles de la segunda semana).**
3. La degradación del permafrost...
  - a) Puede tener un impacto directo en los humanos afectando a sus infraestructuras.
  - b) Pueden afectar a la salud humana tras la activación de virus y bacterias descongelados en él.
  - c) No tiene impactos directos en los humanos.
  - d) Las opciones a) y b) son correctas (Revisar las publicaciones de lunes y jueves de la segunda semana).**

4. ¿Por qué el permafrost antártico se utiliza como análogo planetario de Marte?
- a) En Marte no hay permafrost.
  - b) Por sus condiciones de meteorología extrema y aislamiento (Revisar la publicación del viernes de la segunda semana).**
  - c) Por la escasa radiación ultravioleta que llega a la Antártida.
  - d) Ninguna de las anteriores es correcta.

### CUESTIONARIO 3. GESTIÓN Y PROTOCOLOS INTERNACIONALES

1. ¿Cuándo surge la Asociación Internacional de Permafrost (IPA)?
- a) En 1945 tras la aprobación de la Carta de la Naciones Unidas en la ciudad de San Francisco.
  - b) En 1983 como resultado de IV Conferencia Internacional sobre el Permafrost (ICOP) celebrada en la Universidad de Fairbanks (Revisar la publicación del lunes de la tercera semana).**
  - c) Tras la aprobación del Protocolo de Kioto en 1997 por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
  - d) Ninguna de las anteriores es correcta.
2. ¿A qué organización pertenece el siguiente objetivo? Objetivo: Fomentar la difusión de conocimientos y promoción de la cooperación entre personas y organizaciones dedicadas a la investigación del permafrost.
- e) Red Terrestre Global para Permafrost (GTN-P).
  - f) Asociación Internacional de Permafrost (IPA) (Revisar la publicación del lunes de la tercera semana).**
  - g) comité permanente de Permafrost Antártico, Ambientes periglaciares y Suelos (ANTPAS).
  - h) Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR).
3. ¿Dónde quedan centralizados los datos obtenidos de los proyectos del Monitoreo de Capa Activa Circumpolar (CALM) y del Régimen térmico del Permafrost (TSP)?
- a) En el comité permanente de Permafrost Antártico, Ambientes periglaciares y Suelos (ANTPAS)
  - b) En Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR).
  - c) En la Asociación Internacional de Permafrost (IPA).
  - d) En la base de datos de la Red Terrestre Global para Permafrost (GTN-P) (Revisar la publicación del miércoles de la tercera semana)**
4. ¿A qué organización pertenece el siguiente objetivo? Objetivo: Iniciar, desarrollar e integrar la investigación científica internacional en la región antártica proporcionando asesoramiento científico a las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico y a otras organizaciones.
- a) Red Terrestre Global para Permafrost (GTN-P).
  - b) Asociación Internacional de Permafrost (IPA).
  - c) comité permanente de Permafrost Antártico, Ambientes periglaciares y Suelos (ANTPAS).
  - d) Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR) (Revisar la publicación del jueves de la tercera semana).**

### CUESTIONARIO 4. MÉTODOS

1. ¿Para qué se lleva a cabo la recogida de datos de las temperaturas máximas, mínimas y medias para cada sensor situado en profundidad?
- a) Para la obtención de termogramas.
  - b) Para la obtención de mapas de cobertura de nieve.
  - c) Para la obtención de mapas de espesor de la capa activa.
  - d) Para la obtención de perfiles verticales térmicos (Revisar la publicación del lunes de la cuarta semana).**

2. ¿Para qué se utilizan las cámaras fenomenológicas asociadas a sistemas de información geográfica?
- a) Para la obtención de termogramas.
  - b) Para la obtención de mapas de cobertura de nieve.
  - c) Para la obtención de mapas de espesor de la capa activa (Revisar la publicación del sábado de la cuarta semana).**
  - d) Para la obtención de perfiles verticales térmicos.
3. ¿Qué zonas se diferencian en el gradiente geotérmico de los perfiles verticales de temperatura?
- a) La base del permafrost con una  $T^a > 0^{\circ}\text{C}$ .
  - b) La profundidad en la que la diferencia entre la  $T^a$  máxima anual y la mínima es 0, reflejando la presencia de permafrost.
  - c) La capa activa con  $T^a$  variables positivas y negativas.
  - d) Todas las anteriores son correctas (Revisar la publicación del martes de la cuarta semana).**
4. ¿Qué métodos permiten evaluar el espesor de la capa activa?
- a) Termogramas y mapas de espesor de la capa activa.
  - b) Perfiles verticales térmicos.
  - c) Tomografía de resistividad eléctrica (ERT)
  - d) Todas las anteriores son correctas (Revisar la publicación del martes, miércoles, jueves y viernes de la cuarta semana).**

#### CUESTIONARIO 5. EL PERMAFROST EN LA ANTÁRTIDA

1. ¿Dónde se encuentra el permafrost en la Antártida?
- a) En toda la superficie del continente blanco.
  - b) No hay permafrost en la Antártida.
  - c) En las escasas zonas libres de hielo (Revisar la publicación del martes de la quinta semana).**
  - d) Únicamente en la Montañas Transantárticas y en la Península Antártica.
2. ¿Cuál es la región antártica más estudiada en relación con el permafrost?
- a) Península Antártica.
  - b) Tierra de Maria Byrd.
  - c) Montañas Transantárticas (Revisar la publicación del martes de la quinta semana).**
  - d) Tierras de la Reina Maud.
3. ¿Por qué cobra importancia el estudio del permafrost en la Península Antártica?
- a) La Península Antártica es un área libre de hielo, permitiendo investigar la capa activa.
  - b) Es la región antártica más alejada del polo sur, en donde la sensibilidad del permafrost al cambio climático es máxima.
  - c) La mayor parte de investigación del permafrost se centra en la Península Antártica
  - d) Las opciones a) y b) son correctas (Revisar la publicación del miércoles de la quinta semana).**
4. Indique si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: El permafrost antártico contiene grandes depósitos de materia orgánica
- a) Verdadero, la descomposición de esa materia orgánica incrementa la emisión de gases de efecto invernadero.
  - b) Falso, es el permafrost ártico el que contiene esos depósitos de materia orgánica (Revisar la publicación del lunes de la quinta semana).**
  - c) Verdadero, pero esos depósitos se desarrollan exclusivamente en las Montañas Transantárticas.
  - d) Falso, ni el permafrost antártico ni el ártico contienen materia orgánica.